

# **JAHRBUCH** AGRARTECHNIK

## YEARBOOK AGRICULTURAL ENGINEERING

---

Herausgeber/Editor:  
Prof. Dr. Ludger Frerichs





# JAHRBUCH AGRARTECHNIK

## YEARBOOK AGRICULTURAL ENGINEERING

### Jahrbuch Agrartechnik / Yearbook Agricultural Engineering 2014

Band 26 / Volume 26

#### Vorwort

In gewohnter Weise erscheint der 26. Band des *Jahrbuches Agrartechnik* wieder auf der Homepage [www.jahrbuch-agrartechnik.de](http://www.jahrbuch-agrartechnik.de). Die Beiträge und der Gesamtband stehen dort und zum kostenfreien Download bereit. Die Gesamtausgabe wird, wie ich höre, auch gern gedruckt und gebunden in die Reihe der früheren Ausgaben gestellt. Gleichmaßen haben wir im letzten Jahr unser Online-Angebot vervollständigt und die bisherigen Ausgaben des Jahrbuchs in digitalisierter Form auf die Homepage gestellt. Damit bewegen wir uns wohl im Megatrend der „Individualisierung von Nutzergewohnheiten“.

Die aktuellen Entwicklungen in der Agrartechnik mit dem zugehörigen Literaturüberblick werden alljährlich von engagierten Autoren zusammengefasst. Daher mein ganz herzlicher Dank an die Autoren für das langjährige Engagement in der Vergangenheit und für das in der Zukunft.

Eine Anzahl von Beiträgen hat das optionale Review-Verfahren durchlaufen. Mein Dankeschön an die Kollegen für die kritische Durchsicht dieser Beiträge und in diesem Sinne mein Dank an die Agrartechnik-Community in der Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI.

Allen Leserinnen und Lesern darf ich wünschen, dass ihnen das Jahrbuch Agrartechnik 2014 wieder gute Dienste erweist.

#### Preface

As usual, the 26<sup>th</sup> volume of the *Yearbook of Agricultural Engineering* appears on the homepage [www.jahrbuch-agrartechnik.de](http://www.jahrbuch-agrartechnik.de). Here, all of the articles and the complete issue are available for free download. I was told that many readers use the complete volume as a print on demand and then added into the ranks of previous editions. Equally, we digitised the previous editions of the yearbook last year, and put them on the homepage as well. It seems we are in the megatrend of "Individualisation of user habits".

The current developments in agricultural engineering and the associated bibliographical references are compiled by many dedicated writers. Therefore, I would like to express my gratitude to all authors for their long-term commitment in the past and for the future.

A number of articles have passed the optional review process. According to this, my thank-you to the colleagues for their critical review and to the Max Eyth Society for Agricultural Engineering of the VDI for supporting this process.

May the *Yearbook of Agricultural Engineering 2014* be of good service for all readers.



Prof. Dr. Ludger Frerichs

---

#### Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

##### Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2014. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2015.

Frerichs, Ludger (ed.): Yearbook Agricultural Engineering 2014. Braunschweig: Institute of Mobile Machines and Commercial Vehicles, 2015.

##### Zitierfähige URL / Citable URL

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055085>

##### Link zum Beitrag / Link to Article

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de>





### **Allgemeine Entwicklung**

Landwirtschaftliche Rahmenbedingungen .....	7
Der internationale Landtechnikmarkt.....	14
Technische Regelwerke .....	23

### **Automatisierungstechnik**

Kommunikationssysteme.....	33
Assistenzsysteme .....	40

### **Traktoren**

Gesamtentwicklung Traktoren.....	48
Motoren und Getriebe bei Traktoren .....	61
Reifen – Reifen/Boden-Verhalten.....	72
Traktorhydraulik.....	84
Fahrdynamik – Fahrsicherheit - Fahrerplatz .	96

### **Bodenbearbeitungstechnik**

Bodenbearbeitungstechnik .....	106
--------------------------------	-----

### **Sätechnik**

Sätechnik .....	118
-----------------	-----

### **Pflanzenschutz-, Dünge- und Bewässerungstechnik**

Mineralische Düngung.....	127
Pflanzenschutztechnik.....	135

### **Halmguterntetechnik**

Halmgutmähen und Halmgutwerben .....	146
Halmgutbergung .....	156

### **Körnererntetechnik**

Körnerkonservierung .....	171
---------------------------	-----

### **Technik für den Hackfruchtanbau**

Zuckerrübentechnik .....	180
--------------------------	-----

### **Technik in der Tierhaltung**

Technik in der Rinderhaltung.....	191
Technik in der Geflügelhaltung.....	201

### **Bioverfahrens- und Umwelttechnik**

Möglichkeiten zur Emissionsvermeidung und –verminderung.....	210
--	-----

### **Agrartechnik in Tropen- und Transformationsländern**

Agrartechnik in Transformationsländern .....	220
--	-----

### **Prüfwesen**

Prüfwesen und Qualitätssicherung.....	227
---------------------------------------	-----

### **Geschichte der Agrartechnik**

Die Entwicklung der pneumatischen Sätechnik .....	236
---	-----

### **General Development**

Agricultural environment .....	7
International agricultural engineering market	14
Technical regulation.....	23

### **Automation engineering**

Communication systems.....	33
Assistance systems .....	40

### **Tractors**

Agricultural tractor development .....	48
Tractor engines and transmission.....	61
Tire – tire/soil-interaction.....	72
Tractor hydraulics .....	84
Ride dynamics – ride safety – driver's place	96

### **Tillage**

Tillage.....	106
--------------	-----

### **Sowing**

Seeding technology .....	118
--------------------------	-----

### **Plant protection, fertilizing and irrigation**

Fertilizing.....	127
Saving plant protection products.....	135

### **Crop harvesting**

Mowing and treatment of hay.....	146
Crop harvesting.....	156

### **Grain harvesting**

Grain preservation .....	171
--------------------------	-----

### **Root crop engineering**

Sugar beet harvest technology .....	180
-------------------------------------	-----

### **Livestock engineering**

Technologies for cattle husbandry.....	191
Technologies in poultry husbandry .....	201

### **Bio- and environmental engineering**

Possibilities of emission prevention and reduction .....	210
--	-----

### **Agricultural engineering in tropic and transformation countries**

Agricultural engineering in transformation Countries.....	220
---	-----

### **Testing**

Testing and quality certification.....	227
--	-----

### **History of agricultural engineering**

The development of the pneumatic sowing technology .....	236
--	-----



## **DLG-TrendmonitorEurope:**

### **Landwirte in Europa mit anhaltend hoher Investitionsbereitschaft**

Achim Schaffner, Fachgebietsleiter Ökonomie, DLG e.V., Frankfurt am Main

#### **Kurzfassung**

Der DLG TrendmonitorEurope erfasst das aktuelle Geschäftslage, die Erwartungen an die Geschäftsentwicklung der kommenden 12 Monaten sowie die Betriebsentwicklungsstrategien landwirtschaftlicher Unternehmer. Darüber hinaus stehen Präferenzen für technologische Innovationen im Fokus der Befragung.

Die Investitionsdynamik blieb mit Ausnahme Frankreichs trotz des in der zweiten Jahreshälfte 2014 schwieriger werdenden Marktumfeldes hoch. Das Zinsniveau stärkte die hohe Investitionsbereitschaft der Landwirte in Deutschland, Polen und Großbritannien. Steigende Pachten, steigende Produktionsstandards und der schwieriger werdende Zugang zu Facharbeitskräften führen zu strukturell steigenden Produktionskosten, denen die Landwirte mit der Optimierung der Produktion begegnen. Die Landwirte fokussieren mit Ihren Investitionen auf die Verbesserung der Tiergerechtheit der Haltungssysteme sowie auf die verbesserte Auswertung von Produktionsdaten und deren Nutzung in Produktionssteuerung und -planung.

#### **Schlüsselwörter**

Geschäftslage, Geschäftserwartungen, Investitionsbereitschaft, Investitionsziele

## **DLG-TrendmonitorEurope:**

### **Farmers in Europe with still high willingness to invest**

Achim Schaffner, Head of Agricultural Economics, DLG e.V., Frankfurt am Main

#### **Abstract**

The DLG-TrendmonitorEurope records the actual business climate, the expectations for business development in the upcoming 12 month and the strategies for farm development. Furthermore, the preferences for technical innovations are in the focus of the survey.

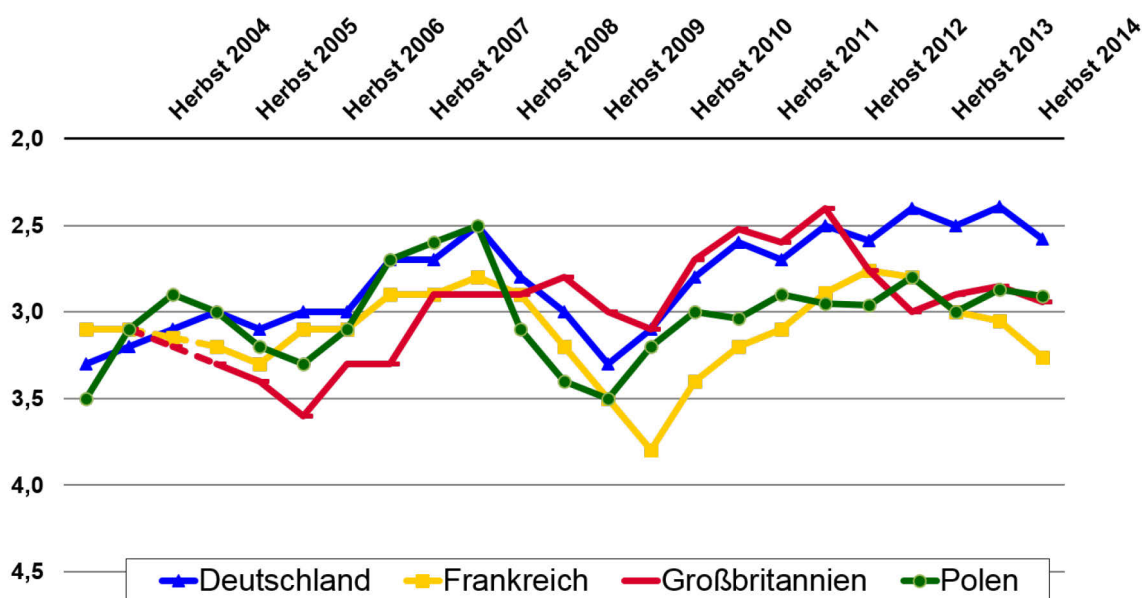
In Germany, the UK and Poland the investment dynamic is still high. Interest rates for investments are still attractive and strengthen the willingness to invest. Increasing land rents and production standards rising production costs and the farmers want to optimize the production with their investments. Farmers are interested in innovations in animal husbandry to improve the keeping conditions. Farmers are also interested in innovations in data management as a key to improve production planning and to reach higher production efficiency.

#### **Keywords**

Business situation, business expectations, Willingness to invest, aims of investments

### Beurteilung der Geschäftslage: In Deutschland, Großbritannien und Polen weitgehend stabil, weitere Abkühlung in Frankreich

Landwirte in Deutschland sind mit der aktuellen Geschäftslage trotz des leichten Rückgangs der Bewertung im Vergleich zur Frühjahrsbefragung zufrieden (**Bild 1**). Hintergrund sind die insbesondere im ersten Halbjahr 2014 erzielten guten wirtschaftlichen Ergebnisse. Unverändert im Vergleich zum Herbst 2013 bewerten die Landwirte in Polen und Großbritannien die aktuelle Geschäftslage. Landwirte in Polen und Großbritannien sind im Vergleich zu den Landwirten in Deutschland weniger auf Exporte angewiesen und beurteilen deshalb die Lage stabil. Weniger zufrieden mit der aktuellen Lage sind die Landwirte in Frankreich. Neben der Unzufriedenheit mit der Agrarpolitik konnten die Betriebe aufgrund der schwächer werdenden Position Frankreichs an den internationalen Märkten weniger stark von den günstigen Bedingungen in der ersten Jahreshälfte 2014 profitieren.



**Bild 1:** Beurteilung der aktuellen Geschäftslage

**Figure 1:** Assessment of the current business situation

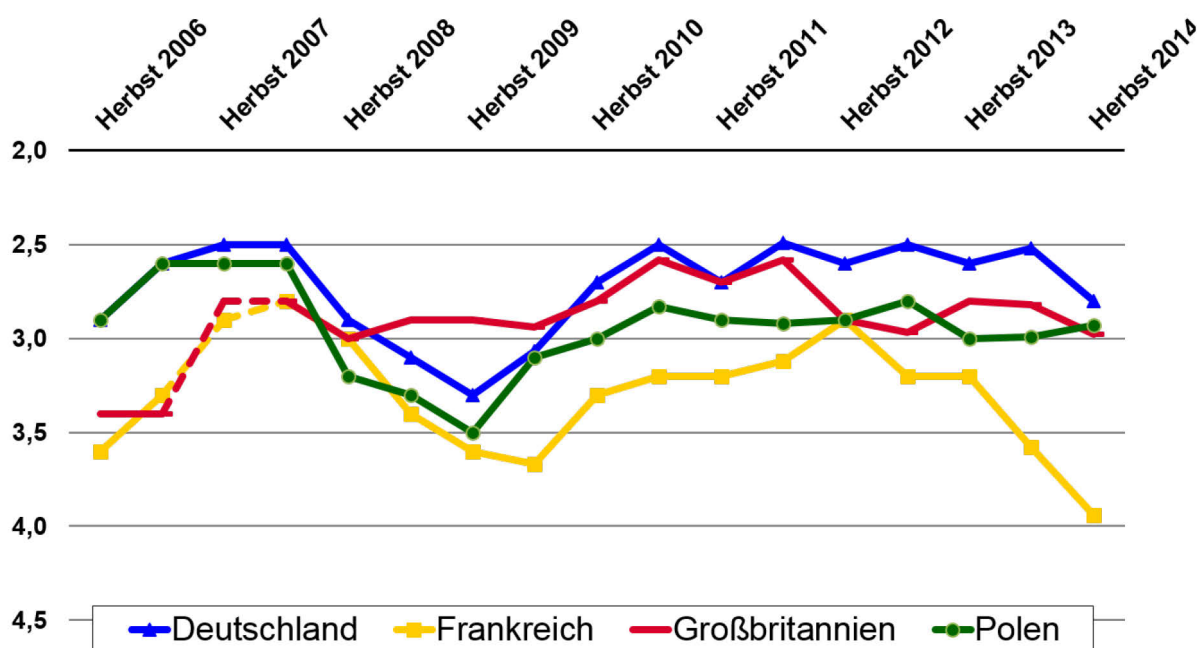
### Erwartungen an die Geschäftsentwicklung: Abkühlung in Deutschland, Großbritannien und Frankreich, Stabilität in Polen

Die Landwirte in Deutschland, Großbritannien und Frankreich sind weniger zuversichtlich für die Geschäftsentwicklung in den kommenden 12 Monaten. Landwirte in Polen sind dagegen weiterhin zuversichtlich (**Bild 2**).

In Deutschland erwarten die Milchviehhalter aufgrund der global stark gestiegenen Milchmenge im Herbst 2014 Druck auf den Milchpreis. Ähnlich ist die Lage der Schweinehalter: Die in der zweiten Jahreshälfte hohe Angebotsmenge an Schlachtschweinen bei weiterhin fehlendem Export nach Russland übte anhaltend hohen Druck auf die Erzeugerpreise aus. Hoffnungen auf eine sich belebende Nachfrage im Inland blieben vage. Die gesunkenen

Kosten für Futtermittel führten zwar zu Entlastungen auf der Kostenseite, führten jedoch nicht zu einem optimistischeren Ausblick auf die weitere Geschäftsentwicklung.

Die Marktfruchterzeuger waren im Herbst 2014 so skeptisch wie zuletzt im Herbst 2010 für die weitere Geschäftsentwicklung. Die globale Rekordernte bei Getreide führte zu einem niedrigen Preisniveau, welches über die kommenden Monate erhalten bleiben dürfte. Zwar haben niedrigere Preise für Energie und Düngemittel für Entlastung auf der Kostenseite gesorgt, dies konnte aber die aktuell schwierigen Perspektiven für den Getreidemarkt nicht ausgleichen.



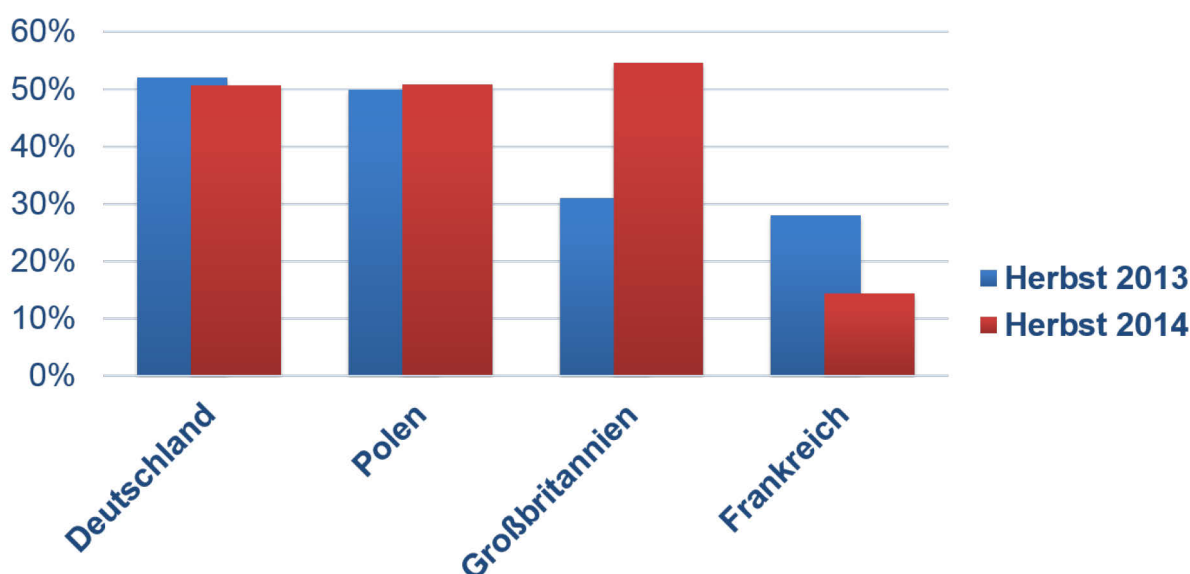
**Bild 2:** Erwartungen an die Geschäftsentwicklung

**Figure 2:** Expectations on business development

Die Erwartungen an die Geschäftsentwicklung sind auch in Großbritannien leicht rückläufig. Damit ist die Erholung bei den Erwartungen nach dem Krisenjahr 2012 vorerst gestoppt. Hintergrund ist das zunehmend schwierigere Marktumfeld, auch wenn die Landwirte in Großbritannien im Vergleich zu den Betriebsleitern in Deutschland und Frankreich weniger auf Exporte angewiesen sind. Landwirte in Polen erwarten eine stabile Geschäftsentwicklung. Die Position der Schweinehaltung hat sich im Jahr 2014 mit dem Stopp des Abbaus der Schweinebestände weiter verbessert. Auch die Entwicklung in der Milchproduktion ist positiv: Trotz sinkender Milchkuhbestände wächst die Milcherzeugung – die Zukunftsbetriebe expandieren und die Produktivität und Wettbewerbsfähigkeit der Betriebe verbessern sich. In Frankreich haben sich die Erwartungen an die Geschäftsentwicklung weiter abgekühlt und befinden sich in einem Allzeittief. Die im Herbst schwierige Marktsituation und die agrarpolitische Diskussion um die Umverteilung von Direktzahlungen führten zu dem deutlichen Rückgang.

### Investitionsbereitschaft: Anhaltend hoch in Deutschland und Polen, deutliche Zunahme in Großbritannien, Rückgang in Frankreich

Die Investitionsneigung in Deutschland ist gegenüber der Herbstbefragung 2013 stabil (**Bild 3**). 51 % der befragten Landwirte geben an, in den kommenden 12 Monaten investieren zu wollen. Insbesondere die Investitionsbereitschaft der Milchviehhalter hat gegenüber dem Herbst 2013 um 4 % auf jetzt 54 % und die der Schweinehalter um 2 % auf nun 50 % zugenommen. Teils fließen die Investitionen in die Erfüllung höherer Produktionsstandards, teils in die Optimierung der Produktion. Die Investitionsbereitschaft der Marktflechterzeuger ist mit 51 % im Vergleich zum Herbst 2013 ebenfalls stabil.



**Bild 3:** Investitionsbereitschaft im Herbst 2013 und 2014

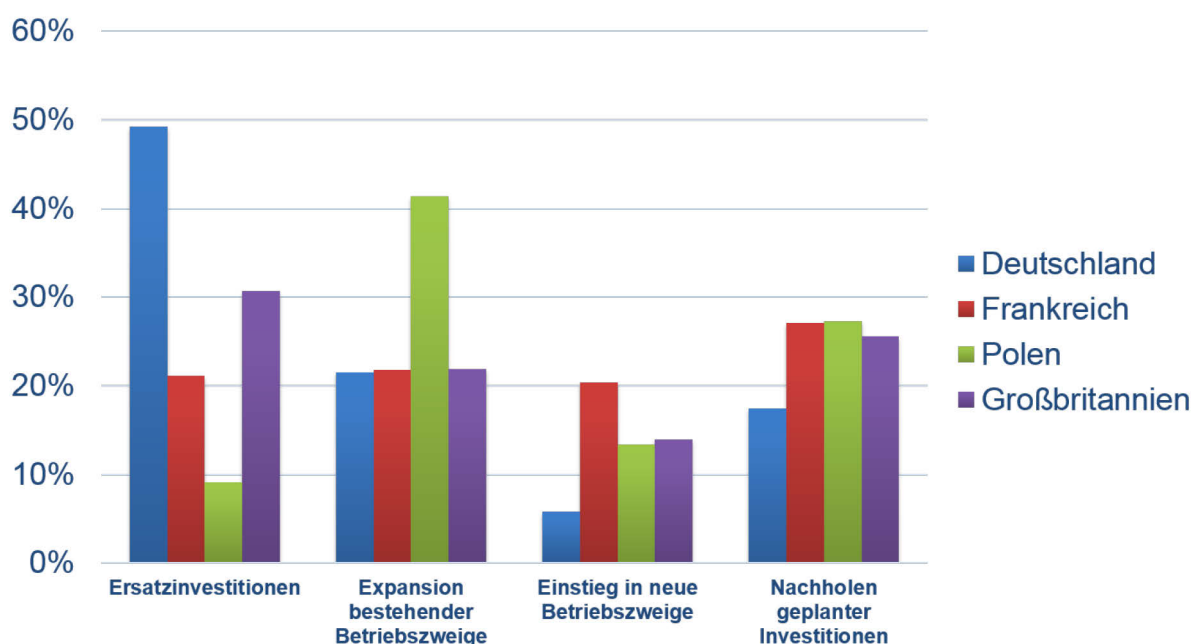
**Figure 3:** Willingness to invest in autumn 2013 and 2014

In Großbritannien hat die Investitionsneigung verglichen mit der Herbstbefragung 2013 mit 24 % stark zugenommen. 55 % der befragten Landwirte wollten in den kommenden 12 Monaten investieren. Die Investitionsneigung hat sich seit dem Krisenjahr 2012 mit der witterungsbedingt schlechten Ernte und schwierigen Aussaat deutlich erholt und erreicht wieder das Vorkrisen-Niveau.

Die in Polen befragten Betriebsleiter bleiben überdurchschnittlich investitionsbereit. 51 % wollen in den kommenden 12 Monaten investieren. Die befragten Landwirte in Polen sind auf Expansionskurs: Umgesetzt werden insbesondere Erweiterungen der Kernbetriebszweige. Die polnischen Landwirte setzen damit ihren Expansions- und Modernisierungskurs fort.

Ein Einbruch der Investitionsbereitschaft prägt die Situation in Frankreich: Wollten im Herbst 2013 noch 28 % der Landwirte investieren, sind es im Herbst 2014 noch 14 %. Der Rückgang basiert auf der Halbierung der Investitionsneigung der Marktflechterzeuger und dem starken Rückgang bei den Milchproduzenten (-10 % gegenüber Herbst 2013).

Unterschiedlich sind die Investitionsgründe bei den befragten Landwirten (**Bild 4**). Landwirte in Deutschland legen den Schwerpunkt auf Ersatzinvestitionen und optimieren die laufende Produktion. Hohe und weiter steigende Flächenkosten und zunehmende Knappheit an Arbeitskräften in Lohnarbeitsbetrieben bzw. die knappe Arbeitskraftausstattung in Familienbetrieben begrenzen die Wachstumsmöglichkeiten. Die in Polen befragten Landwirte sind auf Expansionskurs: 40 % wollen im Kernbetriebszweig expandieren.



**Bild 4:** Investitionsgründe europäischer Landwirte

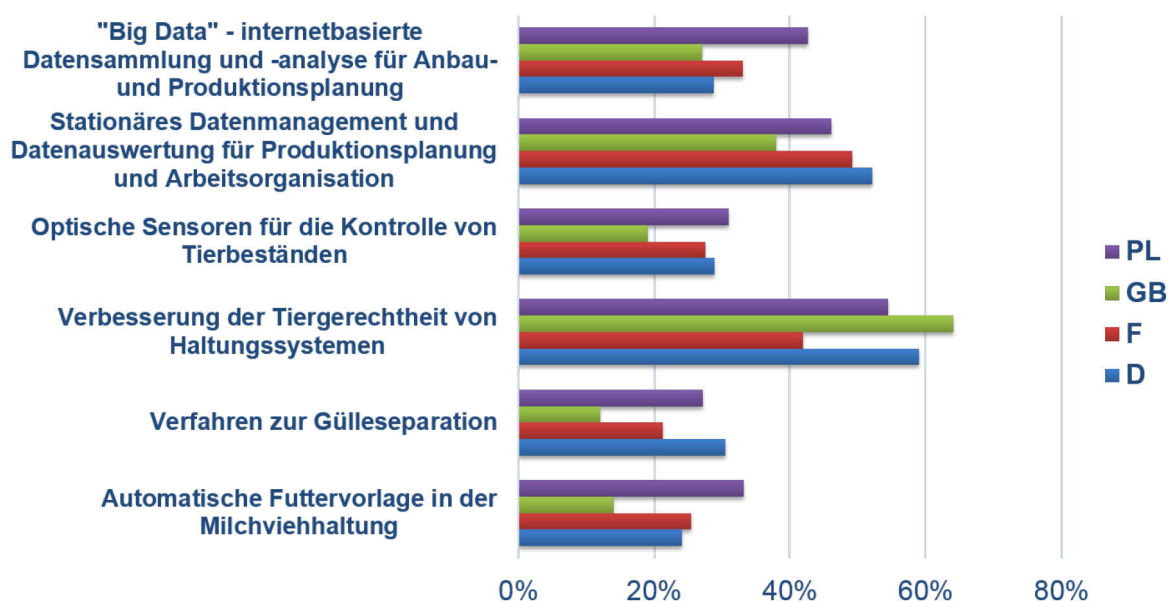
**Figure 4:** Reasons for investments

28 % der Landwirte in Frankreich wollen bisher aufgeschobene Investitionen nachholen. Dies zeigt die aufgrund der niedrigen Investitionsbereitschaft seit Jahren geringe Dynamik der Betriebsentwicklung in Frankreich. Für Landwirte in Großbritannien steht die Optimierung der Produktion im Fokus (30 % der Befragten).

### **Innovationen: Tiergerechtigkeit der Haltung, Datenverarbeitung und Innovationen in der Düngetechnik mit hoher Priorität**

Für die Tierhalter in Deutschland (59 %), Großbritannien (64 %) und Polen (55 %) steht die Verbesserung der Tiergerechtigkeit der Haltungssysteme im Fokus der Investitionen. Mit den Innovationen sollen die Haltungssysteme verbessert werden (**Bild 5**).

Die Datenverarbeitung hat hohe Priorität sowohl für Tierhalter als auch für Marktflechterzeuger: 52 % der Landwirte in Deutschland, 49 % in Frankreich und 46 % in Polen halten Innovationen in diesem Bereich für wichtig. Ziel ist, anfallende Daten in der Produktion besser nutzen und Entscheidungen besser unterstützen zu können. Der stationären Verarbeitung der Daten auf den Betrieben kommt größere Bedeutung als webbasierten Lösungen (Big Data) zu.



**Bild 5:** Wichtige Innovationen in der Agrartechnik  
**Figure 5:** Important Innovations in Farm Technology

Marktführerzeuger in Deutschland, Polen und Frankreich halten zudem Innovationen in der Düngetechnik für wichtig, um den Betriebsmitteleinsatz bedarfsgerecht zu gestalten und weiter zu optimieren.

### Zusammenfassung

In Deutschland, Großbritannien und Polen hält die Investitionsdynamik auch zum Ende des Jahres trotz des schwieriger werdenden wirtschaftlichen Umfeldes an. Die langfristige Zielstellung der Investitionsentscheidungen zur Betriebsentwicklung wird auch in Preistälern verfolgt. Zudem stützt das günstige Zinsniveau die Investitionstätigkeit der Landwirte. Eine Ausnahme bildet Frankreich, denn neben dem wirtschaftlich schwierigen Umfeld erschweren die agrarpolitischen Bedingungen die Entwicklungsmöglichkeit der Betriebe. Im Fokus der Innovationen stehen die Datenverarbeitung sowie die Verbesserung der Tiergerechtheit der Haltungssysteme.



## **Literatur**

- [1] DLG e.V.: DLG-TrendmonitorEurope Frühjahr und Herbst 2014. Frankfurt: 2014.

### **Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

#### **Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Schaffner, Achim: DLG-TrendmonitorEurope: Landwirte in Europa mit anhaltend hoher Investitionsbereitschaft. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2014. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2015. S. 1-7

#### **Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055039>

#### **Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/172.html>

## **Die konjunkturelle Entwicklung der Landtechnikindustrie**

Gerd Wiesendorfer,  
VDMA Fachverband Landtechnik

### **Kurzfassung**

Die Landtechnikbranche befindet sich sowohl aus europäischer als auch aus weltweiter Perspektive seit Mitte 2014 in einem konjunkturellen Abschwung. Die vorangegangene Hochphase war geprägt von einer gestiegenen Kaufkraft der Landwirte im Zuge der Preissteigerungen für landwirtschaftliche Erzeugnisse. Während die Schwellen- und Entwicklungsländer nach einem höheren Mechanisierungsgrad in der Landwirtschaft streben, um die Produktivität des Sektors zu erhöhen und der Landflucht zu begegnen, förderten in den etablierten und „reifen“ Märkten die großen Technologiesprünge in der Landtechnik die Nachfrage nach Neumaschinen. Für das Jahr 2015 ist jedoch kein Ende der Rezession absehbar. Einige große Märkte zeigen deutliche Sättigungserscheinungen.

### **Schlüsselwörter**

Landtechnikmarkt, Konjunktur, Mechanisierung, Investitionsbedarf, Schwellenländer, Geschäftsklima, landwirtschaftliche Einkommen, Preise für Agrarerzeugnisse

## **Economic Development of the Agricultural Machinery Industry**

Gerd Wiesendorfer,  
VDMA Agricultural Machinery Association

### **Abstract**

From the European as well as from the global perspective, the agricultural machinery sector experiences an economic downturn since mid-2014. The previous peak phase was marked by an increased purchasing power of the farmers in the wake of agricultural commodity price increases. While the emerging and developing countries strove for a higher degree of mechanization in agriculture, in order to increase the productivity of the sector and to prevent the rural exodus, in the established and "mature" markets, the large technological leaps in agricultural engineering increased the demand for new machines. However, no end to the recession is foreseeable for the year 2015 due to clear signs of saturation in major markets.

### **Keywords**

Agricultural machinery market, economy, mechanization, investment need, emerging markets, economic climate, agricultural income, agricultural commodity prices

## **Ausgangslage und konjunkturelle Einflussfaktoren**

2015 ist ein Jahr der Konsolidierung für die europäische und globale Landtechnikindustrie. Nach einem fast vier Jahre andauernden kräftigen Aufschwung verzeichnet die Branche im weltweiten Durchschnitt seit Mitte des vergangenen Jahres rückläufige Umsatzzahlen. Der konjunkturelle Abschwung hält sich in der Summe gleichwohl in Grenzen; das Produktionsniveau liegt nach wie vor deutlich über dem zehnjährigen Durchschnitt. Ausgehend vom früheren konjunkturellen Referenzpunkt, des Jahres 2008, als die Märkte weltweit boomten, blieb auch die Landtechnikbranche nicht von den Verwerfungen und Verunsicherungen im Zuge der Finanz- und Wirtschaftskrise verschont. Weniger traf dies auf den amerikanischen und asiatischen Absatzmarkt zu. Die Investitionen der Landwirte entwickelten hier eine Sonderkonjunktur, mehr oder weniger abgekoppelt von der Gesamtwirtschaft. Dagegen kam Europa 2009/2010 deutlich in den Abwärtsstrudel, vor allem im östlichen Teil des Kontinents, was wiederum für die Hersteller in Deutschland besonders schmerzlich war. Schließlich hatte sich der russische Markt zu einem wesentlichen Umsatzträger entwickelt, der im Spitzenjahr 2008 knapp zehn Prozent der deutschen Ausfuhren ausmachte. Mittlerweile ist es nur noch etwa die Hälfte.

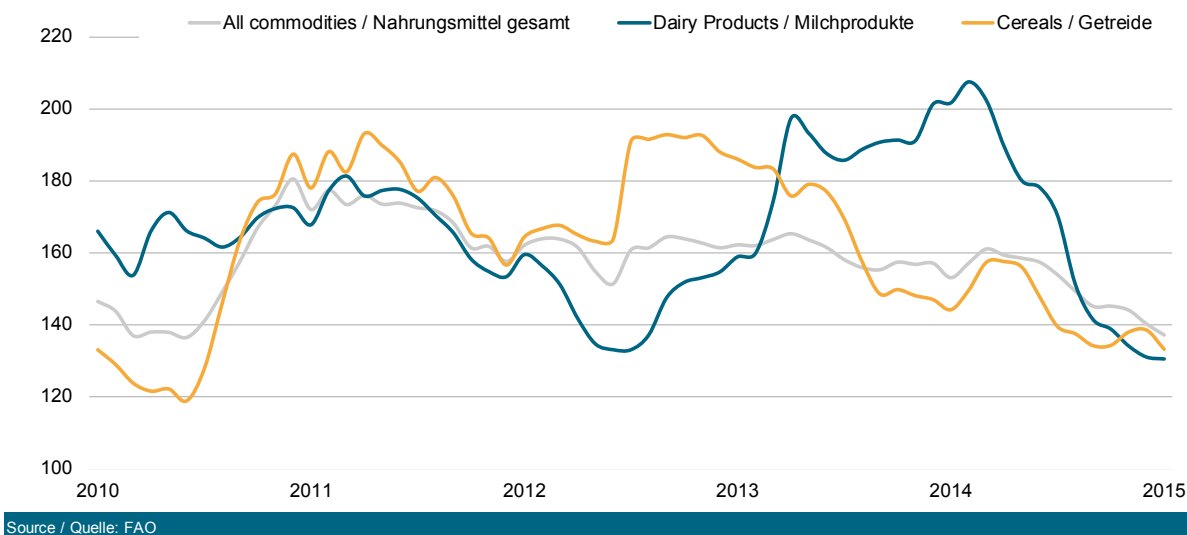
Dies ist nur ein Beispiel für die differenzierte regionale und auch sektorale Ausprägung über den letzten Konjunkturzyklus, der in einem neuen Allzeithoch für die Branche im Jahr 2013 gipfelte. In den Absatzregionen der Welt finden wir teilweise sehr unterschiedliche Ausstattungsniveaus mit Landtechnik vor. Natürlich spiegelt sich dies grundsätzlich an der gesamtwirtschaftlichen Kraft eines Landes. Von den Mitgliedsstaaten der OECD sind die meisten Länder als gut ausgestattete und „reife“ Märkte zu bezeichnen, während Schwellen- und Entwicklungsländer ein überwiegend niedriges Mechanisierungsniveau vorweisen. Häufig haben diese Länder aber durch ihre geographische Lage vorteilhafte Bedingungen und somit auch ein großes Potential für die Erzeugung von Nahrungs- und Futtermitteln. So sind z.B. Brasilien und Nigeria eindeutige „Gunstandorte“ für zahlreiche Ackerfrüchte, die teilweise zwei- bis dreimal im Jahr geerntet werden können. In Bezug auf die Landtechnikflotte gehört Brasilien dabei zu den relativ gut ausgestatteten Märkten, während der Hektarbesatz mit Traktoren in Nigeria zu den geringsten weltweit gehören dürfte. Entscheidend sind die politischen Rahmenbedingungen, aber auch das Unternehmertum im Land selbst. Brasiliens Regierung hat sich zum Ziel gesetzt, zu den wichtigsten Lieferanten für Agrarprodukte wie Soja oder Rindfleisch zu gehören und fördert die Landwirte entsprechend.

Öffentliche Mittel haben für die Branche grundsätzlich eine belebende Wirkung. Im Falle Brasiliens sind dies hauptsächlich subventionierte Kredite, d.h. der zu entrichtende Zinssatz für Investitionsdarlehen wird zu einem beträchtlichen Teil vom Staat getragen. Andere Modelle sind direkte Zuschüsse für den Kauf einer Neumaschine oder günstige Abschreibungsmöglichkeiten, die folglich die Steuerlast mindern. Eine Gefahr der Subventionen liegt aber in der Verzerrung oder Überzeichnung von konjunkturellen Wellen. So beflügelt das zusätzliche Geld die Investitionslaune der Landwirte, während Kürzungen oder das Aussetzen von Subventionsprogrammen auch im Falle einer guten Liquidität und vorhandenem Investitionsbedarf zu abwartendem Verhalten führt und damit ein eindeutiges Investitionshemmnis darstellen. Diese Auswirkungen kamen in den vergangenen Jahren unter anderem

sehr stark in einigen neuen EU-Mitgliedsländern zum Tragen. Darin unterscheiden sich also die reiferen Märkte nicht wesentlich von den Schwellenländern.

#### FAO Food Price Index / Preisindex der FAO für Agrarprodukte

Index 2002-2004=100 (deflated / inflationsbereinigt)



**Bild 1:** Preisindex der FAO für Agrarprodukte

**Figure 1:** FAO Food Price Index

Die wesentliche Stütze des Aufschwungs seit 2010 waren jedoch nicht die Subventionsprogramme der Regierungen, sondern die gestiegenen Erzeugerpreise für Agrarprodukte. Der inflationsbereinigte Preisindex der FAO für die wichtigsten Agrarerzeugnisse stieg in den Jahren 2011 und 2012 um bis zu 70 Prozent über das Niveau der zehn Jahre zuvor und hat die Kaufkraft der Landwirte entsprechend erhöht. Bei Getreideerzeugnissen setzte ab 2013 wieder ein Abwärtstrend ein, während die Milchprodukte noch im Jahr 2013 auf ein neues Rekordpreisniveau kletterten. In den letzten Monaten sind die Preise für Agrarerzeugnisse wieder insgesamt gesunken. Der Gesamtindex der FAO liegt gegenwärtig auf dem Durchschnittsniveau der letzten zehn Jahre. Die Trendumkehr bei den Preisen hat in Europa vor allem in Bezug auf die Milch und Milchprodukte zu einer gewissen Verunsicherung geführt. Angesichts des geringeren Investitionsbedarfs für neue Technik in den meisten europäischen Märkten schwang das Konjunkturpendel folglich wieder in die andere Richtung.

### Regionale Marktentwicklungen

Im Folgenden soll auf die Entwicklung in ausgewählten großen Landtechnikmärkten eingegangen werden – von Amerika über Ozeanien und Asien schließlich nach Europa. Eine langjährige Erfolgsgeschichte sind für die Hersteller von Landtechnik die Verkäufe in den **Vereinigten Staaten**. Der VDMA schätzt den US-Markt des Jahres 2014 auf circa 21 Mrd. Euro, was etwa 80 Prozent des Volumens in der Europäischen Union entspricht. Von Jahr zu Jahr konnte das Landwirtschaftsministerium der Vereinigten Staaten neue Rekorde bei den Einkünften verkünden. Die sogenannten „farm cash receipts“ erhöhten sich

über die vergangenen 15 Jahre fast kontinuierlich, in besonders ausgeprägter Form in Bezug auf die Ackerkulturen. Der Wert aller produzierten Agrarerzeugnisse stieg (inflationsbereinigt und ausgedrückt in Preisen von 2009) ausgehend von 235 Mrd. US-Dollar im Jahr 2000 um 35 Prozent auf 318 Mrd. im Jahr 2010 und dann noch einmal um ein Fünftel im Zeitraum 2012 bis 2014. Analog zur weltweiten Entwicklung erreichten die Milchprodukte ihre Preisspitze in der ersten Hälfte des Jahres 2014, während die Einkünfte aus dem Ackerbau seit dem Allzeithoch im Jahr 2012 wieder um 20 Prozent gesunken sind.

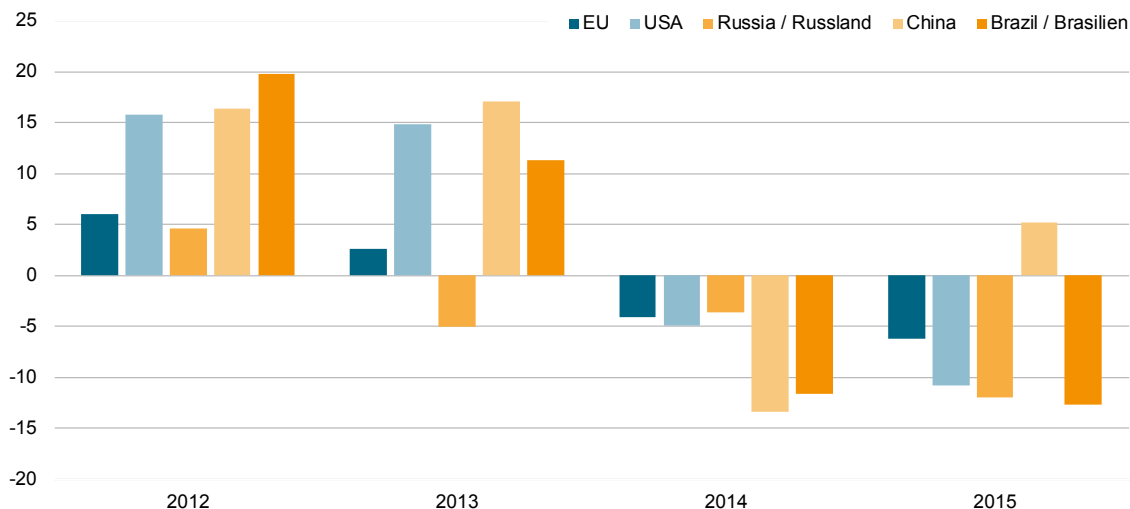
Die Einkommensentwicklung der US-Farmer war jedoch in den vergangenen Jahren in gewisser Weise auch abgekoppelt von der reinen Weltmarktentwicklung. So funktionierten die nationalen Absatzkanäle (z.B. Mais für die Herstellung von Bioethanol) reibungslos. Die großflächigen trockenheitsbedingten ackerbaulichen Ausfälle des sogenannten Mittleren Westens im Jahr 2012 wurden durch Versicherungsleistungen ausgeglichen.

In Bezug auf Agrartechnik beflügelten großzügige Abschreibungsmöglichkeiten den Absatz von Neumaschinen. Nun hat sich das Blatt gewendet. Die professionellen Landwirte haben ihre Investitionen seit Mitte 2014 deutlich heruntergefahren. Der Markt ist gesättigt, erschwerend kommt hinzu, dass die Gebrauchtmaschinenbestände sehr hoch, die Preise dafür folglich niedrig und somit der Anreiz zum Kauf neuer Technik gering ist. Aus diesem Grund wird wohl kein Weg daran vorbei führen, dass sich der Investitionsbedarf erst über Jahre wieder aufbauen muss und sich in kurzer Frist entsprechend niedrigere Verkaufszahlen einstellen werden. Dies mag für einige Nischenprodukte anders sein. Auch hat sich im letzten Jahr gezeigt, dass die Agrarbranche der USA nicht gleichförmig investiert. Die Milchviehhalter haben über die für amerikanischen Verhältnisse ungewöhnlich guten Milchauszahlungspreise ein finanzielles Polster aufgebaut, das für Investitionen bereitsteht. Der VDMA rechnet für 2015 mit einer Verringerung des Marktvolumens für Landtechnik in den USA um ca. 15 Prozent auf 18 Mrd. Euro. Angesichts des großen weltweiten Gewichts des Marktes wird der globale Trend für die Branche dadurch spürbar negativ beeinflusst.

Der größte Absatzmarkt für Landtechnik in Lateinamerika ist **Brasilien**. Das Marktvolumen hat sich bis 2013 enorm gesteigert, nach Berechnungen des VDMA auf umgerechnet 6,7 Mrd. Euro. Damit war 2013 ein absolutes Rekordjahr für den Verkauf von Landmaschinen in Südamerika. Hier spielten auch Subventionen eine Rolle, in diesem Fall hauptsächlich für die kleinbäuerlichen Betriebe Brasiliens, die einen kleineren Traktor aus heimischer Produktion zu Sonderkonditionen erwerben konnten. Seit 2014 sieht man wieder eine Abwärtsspirale in diesem grundsätzlich volatilen Absatzmarkt. Der brasilianische Agrarsektor setzt sein Wachstum aber ungehindert fort und wird die passende Technik dafür benötigen. Aus diesem Grund kommt es für die Investitionen eher auf günstige Rahmenbedingungen an – zu nennen sind hier die Wetter- und somit Ertragsbedingungen, die staatliche Förderung sowie die Erlöse am Weltmarkt, auch unter Berücksichtigung des Wechselkurses zum US-Dollar. Für 2015 wird noch einmal von einem merklichen Rückgang des Landtechnikmarktes ausgegangen.

**Agricultural Machinery Market Development / Marktentwicklung für Landtechnik**

Selected countries with year-to-year % change / Ausgewählte Länder mit Veränderung in %



Source / Quelle: VDMA

**Bild 2:** Marktentwicklung der Landtechnik

**Figure 2:** Agricultural Machinery Market Development

Eine Sonderkonjunktur erlebten viele Landtechnikhersteller im vergangenen Jahr in **Australien** und **Neuseeland**. Die beiden Märkte sind fast komplett von importierter Technik abhängig. Australien wird hauptsächlich mit amerikanischen Maschinen versorgt, gefolgt von europäischer Technik und - mit noch deutlichem Abstand - Maschinen aus Ostasien. In Neuseeland ist Deutschland der führende Lieferant, noch vor den USA. Der hohe Milchauszahlungspreis in der Periode 2012 bis Mitte 2014 hatte in der Region entscheidenden Einfluss, vor allem natürlich in Neuseeland, dem weltweit größten Exporteur von Milchprodukten. Die beiden Hauptmärkte Ozeaniens zeichnen sich dadurch aus, dass sie weitgehend ohne Subventionen auskommen, worauf Branchenvertreter gerne hinweisen. Gleichzeitig ist die Kostenstruktur in der Landwirtschaft sehr günstig. Auf sehr gute Ernten, wie sie Australien 2013/2014 erlebte, folgen höhere Investitionen in den Maschinenpark. Für 2015 ist wieder mit einem gegenläufigen Trend zu rechnen angesichts niedrigerer Agrarerzeugerpreise und regionalen Ernteausschlägen in Folge mangelnder Niederschläge.

Eine ungewöhnliche Entwicklung war für viele Marktbeobachter die Kontraktion des **chinesischen** Absatzmarktes im vergangenen Jahr. Analog zur politischen Zielrichtung für die Gesamtwirtschaft wuchs auch der Landtechnikmarkt in den vergangenen 15 Jahren kontinuierlich, nach Schätzung des VDMA auf 17 Mrd. Euro (2013). Aber auch dieses Wachstum konnte nicht ewig anhalten, obwohl es weiterhin viel ungenutztes Potential für den Maschineneinsatz gibt. Der Trend hin zur Auslagerung von landwirtschaftlichen Arbeitsschritten in lokale genossenschaftliche Zusammenschlüsse oder die Auftragsvergabe an Lohnunternehmer hält ungebrems an, so dass die „Großtechnik“ auch letztes Jahr sehr gefragt blieb und einen weiteren Absatzzuwachs erleben wird. Deutschland ist nach den USA und Japan der drittgrößte Lieferant für den chinesischen Markt und konnte allein im letzten Jahr seine Ausfuhren nach China um 34 Prozent steigern. Die Hektarerträge haben in dem Land, das

pro Kopf über eine der geringsten landwirtschaftlichen Flächenausstattungen verfügt, noch nicht in allen Provinzen das Niveau erreicht, das der politischen Führung vorschwebt. Entsprechend setzt diese weiter auf Modernisierung und professionelle Bewirtschaftung – und auch hier steuert die staatliche Förderpolitik den Markt. Während frühere Programme eher der Landflucht entgegen wirken sollten, wird jetzt eher der Aufbau von marktgerechten Strukturen vorangetrieben. Selbstredend sollen davon hauptsächlich die heimischen Maschinen- und Anlagenbauer profitieren. Im Vergleich zu anderen Ländern macht es China aber in der Regel den sogenannten „westlichen“ Marken nicht schwer, mittels eigener Produktion vor Ort ebenfalls auf die begehrte Subventionsliste zu kommen. In den letzten Jahren hat folglich bereits ein enormer Know-how-Transfer stattgefunden, den die europäischen Hersteller vor dem Hintergrund des großen Absatzmarktes tolerieren.

In **Indien** ist man stolz darauf, der „größte Traktormarkt“ der Welt zu sein. In der Tat klingen die 600.000 verkauften Stück im Jahr sehr mächtig. Sie entsprechen etwa einem Wert von 5 Mrd. Euro, also ungefähr 60 Prozent des Wertes des Traktormarktes in der EU. Für die typische großformatige Technik aus Europa wird der Subkontinent auf absehbare Zeit kein Absatzmarkt sein. Die vorwiegend kleinen Parzellen der Landwirte werden weiterhin entweder von Hand oder mit einfachen und kleinen Maschinen aus lokaler Fertigung bewirtschaftet. Die Herausforderung für die europäische Industrie heißt, „angepasste“ Technik anzubieten.

Am Tor zum europäischen Kontinent liegt ein ebenfalls beachtlich großer Landtechnikmarkt: die **Türkei**. 2014 erreichte das Land eine der höchsten Wachstumsraten für Traktoren in der Welt. Die Verkaufsmenge stieg um 14 Prozent auf 59.500 Einheiten. Der türkische Agrarsektor ist sehr vielseitig, was sich auf den Maschinenbedarf überträgt. Eine breit aufgestellte heimische Landtechnikindustrie versorgt den Markt in hohem Maße. Die Jahre 2008 und 2009 waren ausgesprochene Krisenjahre für die Landtechnik in der Türkei, hauptsächlich hervorgerufen durch nachteilige wirtschaftspolitische und klimatische Bedingungen. Seither wurde das Absatzniveau wieder deutlich erhöht und über die letzten vier Jahre vergleichsweise gut gehalten.

Wie bereits eingangs erwähnt, hat sich der osteuropäische Markt stark verringert. **Russlands** stärkstes Landtechnikjahr war 2008. Bis 2012 erholte sich der Markt wieder auf ein Niveau von 90 Prozent, seither haben sich die Verkäufe jedoch wieder stark verringert. Die meisten Schwierigkeiten, ihre Produkte an russische Investoren zu verkaufen, haben die europäischen und amerikanischen Hersteller von Erntemaschinen. Vornehmlich trifft dies auf Mähdrescher zu, für den strikte und sehr geringe Importquoten eingeführt wurden. Alle Importeure sind dagegen von den ungünstigen Rahmenbedingungen bei der Fremdfinanzierung sowie sonstigen Maßnahmen zum Schutz der heimischen Hersteller betroffen. Nachteile haben sogar die „westlichen“ Hersteller vor Ort, die noch keine zureichende Wertschöpfung im Land selbst vorweisen können, was sich angesichts der mangelnden Zuliefererstruktur im Land als schwierig darstellt. Neben Russland gehörte die Ukraine zu den größeren Absatzmärkten der Region. Die politischen und gesamtwirtschaftlichen Rahmenbedingungen lassen hier auch für 2015 keine nennenswerten Verkaufsvolumina mehr zu.

Der Landtechnikmarkt in der **Europäischen Union** wird vom VDMA für das Jahr 2014 auf 26 Mrd. Euro geschätzt. Damit steht er an erster Stelle weltweit, vor den USA und China. Innerhalb der Union sind Frankreich und Deutschland die Schwergewichte für die Landtechnikbranche. Die beiden Länder haben zusammen noch 750.000 landwirtschaftliche Betriebe. Das sind zwar nur sechs Prozent aller Betriebe in der EU, aber sie erwirtschaften rund ein Viertel der agrarischen Wertschöpfung der Gemeinschaft und arbeiten folglich im europäischen Vergleich hocheffizient.

Der französische Markt hat sich 2014 deutlich ins Minus bewegt. In Summe dürfte er um etwa ein Viertel unter dem Vorjahreswert geblieben sein. In diesem Ausmaß wurde die Wende nicht erwartet, auch wenn es ein großes Bewusstsein für die Fallhöhe gab. Schließlich erreichten die Technik-Investitionen der Landwirte im Vorjahr mit circa 5,6 Mrd. Euro ein neues Allzeithoch und lagen um mehr als 40 Prozent über dem zehnjährigen Mittelwert. Die ersten Statistikzahlen für 2015 deuten noch nicht auf eine Trendumkehr hin, so dass ein weiterer Rückgang – vermutlich im einstelligen Prozentbereich – zu erwarten ist.

Der deutsche Markt blieb letztes Jahr hingegen stabil und verringerte sich lediglich um einen Prozentpunkt auf 5,5 Mrd. Euro. Hier wird 2015 ein deutlicheres Defizit bringen. Die Auftragseingänge der Hersteller von ihren deutschen Vertriebspartnern lagen zum Jahresbeginn um ca. 20 Prozent unter dem Vorjahresniveau. Eine schlechtere Stimmung in der deutschen Landwirtschaft kann vor allem bei den Milchviehbetrieben ausgemacht werden. Die Milchauszahlungspreise sind mittlerweile wieder unter 30 Eurocent pro Kilogramm gefallen. Gleichzeitig besteht die Aussicht, dass die Milchproduktion im Laufe des Jahres steigen wird, da die über 30 Jahre existierende Mengenbeschränkung in der EU zum 1. April ausläuft. Der Anteil der deutschen Landwirte, die derzeit mit einer Verschlechterung ihrer wirtschaftlichen Verhältnisse rechnen, ist rund dreimal so hoch wie der Anteil der Optimisten, die günstigere Rahmenbedingungen erwarten. Die zum Jahresende 2014 abgefragten Investitionsplanungen lagen um 15 Prozent unter dem Vorjahreswert. Dabei sind die Landmaschinen in ähnlicher Weise betroffen wie Gebäude oder Stallausrüstungen. Eine mittlerweile geringe Rolle spielen die Investitionen für die Erzeugung erneuerbarer Energien. Der Investitionsschwerpunkt lag hier in den Jahren 2009 bis 2011; mittlerweile richten sich die Ausgaben hauptsächlich auf Wartungsarbeiten und Kapazitätserweiterung. Der deutsche Landtechnikmarkt wird sich 2015 um etwa zehn Prozentpunkte auf 5 Mrd. Euro verringern. Eine etwas stabilere Entwicklung zeichnet sich im Vergleich zum Gesamtrend für Melk- und Transporttechnik, aber ebenfalls für große Erntemaschinen, ab. In Summe stellt es ein weiterhin stattliches Volumen dar und zeigt, dass pro Hektar landwirtschaftlicher Fläche im internationalen Vergleich noch viel investiert wird.

Für die Europäische Union geht der VDMA bezogen auf das Jahr 2015 von einem Marktrückgang für neue Agrartechnik in Höhe von circa sechs Prozent aus. Damit fiel das Niveau leicht unter das Jahr 2011 und läge um etwa fünf Prozent niedriger als 2008.

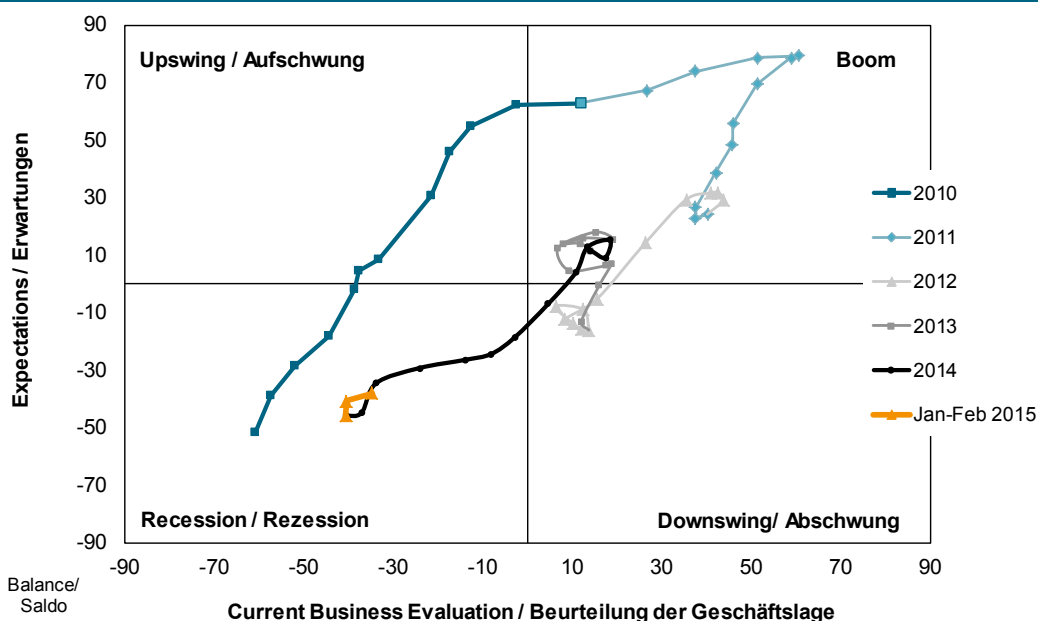


### Geschäftsklima in der Landtechnikbranche

Das Geschäftsklima der europäischen Landtechnikindustrie hat sich angesichts der niedrigeren Auftragsbestände merklich abgekühlt. Der monatlich ermittelte Index des Branchendachverbandes CEMA rutschte Mitte des letzten Jahres in den negativen Bereich und verharrt seither auf niedrigem Stand. Darin spiegelt sich der nüchterne Blick der Landtechnikmanager auf die derzeitige Geschäftslage wider. Zwar zeigen sich einzelne Unternehmer in Spanien und Italien angesichts der seit langem anstehenden und wohl langsam anrollenden Mehrinvestitionen wieder optimistischer, aber die gesamteuropäische Industrie sieht einen ungebremsen Abschwung. Viele Hersteller haben schon mit der Anpassung ihrer Beschäftigtenzahlen begonnen. Nun bleibt abzuwarten, ob sich die Konjunktur in Frankreich kurzfristig wieder fangen wird. Besser sieht es für den ebenfalls großen britischen Absatzmarkt aus, zumal dessen importierte Maschinen angesichts des abgewerteten Euro finanziell attraktiver werden.

#### CEMA Agricultural Machinery Business Climate

Illustration of the position in the economic cycle / "Landtechnik-Konjunktur-Uhr"



Source / Quelle: CEMA

**Bild 3:** Geschäftsklima der Landtechnik

**Figure 3:** CEMA Agricultural Machinery Business Climate

Konjunkturelle Abschwünge hat es immer gegeben, und entsprechend pragmatisch verhält sich die europäische Branche auch. Aber es bleibt die Frage, welchen Zeithorizont man für die Schwächephase einplanen sollte. Die vergangenen Jahre haben viele Unternehmen dazu genutzt, ihre Kapazitäten auszuweiten sowie Fertigungsstätten und interne Prozesse zu modernisieren. Es ist deshalb nicht verwunderlich, dass die Branche diese Möglichkeiten auch bald in Gänze ausschöpfen möchte.

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Empfohlene Zitierweise**

Wiesendorfer, Gerd: Die konjunkturelle Entwicklung der Landtechnikindustrie. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2014. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2015. S. 1-9

**Zitierfähige URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055041>

**Link zum Beitrag**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/174.html>

## **EU-Typgenehmigung für landwirtschaftliche Fahrzeuge**

Andreas Schauer,  
VDMA Referat Verkehr, Frankfurt am Main

### **Kurzfassung**

25 Jahre nach der Erteilung der ersten Europäischen Betriebserlaubnis für einen Traktor wurde das harmonisierte Regelwerk für Traktoren vollständig neu gefasst und grundlegend reformiert. Wesentliches Instrument der neuen EU-Gesetzgebung ist die Verordnung (EU), die das bisher im Fahrzeugbau übliche Harmonisierungswerkzeug EU-Richtlinie ablöst und damit verwaltungsvereinfachend wirken soll. Da diese Reform mit erheblichen technischen und administrativen Änderungen einhergeht, haben die betroffenen Hersteller, Technischen Dienste und Genehmigungsbehörden im Vergleich zu bisher einen deutlich höheren Aufwand zu leisten. Eine Verbesserung der Verkehrs- und Arbeitssicherheit sowie des Umweltschutzes wird, wenn überhaupt, nur marginal erkennbar, da die Meilensteine der Verkehrs- und Arbeitssicherheit bei Traktoren bereits viel früher gesetzt wurden.

### **Schlüsselwörter**

Landwirtschaftliche Fahrzeuge, Verkehrssicherheit, Arbeitssicherheit, Umweltschutz, Typgenehmigung, Harmonisierung technischer Vorschriften, Traktoren, angehängte Arbeitsgeräte, Anhänger

## **EU-Type Approval for Agricultural Vehicles**

Andreas Schauer,  
VDMA (German Engineering Association) Department of Transport, Frankfurt/Main

### **Abstract**

25 years after granting the first European Type Approval of a tractor, the harmonized regulation for tractors has been completely revised and reformed. The primary instrument of the new EU legislation is Regulation (EU), which replaces the previously common tool in the field of harmonization of vehicle regulations, EU Directive, and should thus act in order to simplify administration. Since this reform is accompanied by considerable technical and administrative modification, the affected manufacturers, technical services and approval authorities have to make a significantly higher effort compared to previously. An improvement of road and occupational safety as well as environmental protection, if any, will be recognizable only marginally since the milestones of traffic and safety at work have already been taken much earlier in tractors.

### **Keywords**

Agricultural vehicles, road safety, work safety, environmental protection, type approval, harmonization of technical provisions, tractors, towed machines, trailers

## **Allgemeines**

Seit 01.01.1990 ist für Traktoren die Erteilung einer EU-Typgenehmigung möglich. Die erste Typgenehmigung für einen Traktor wurde am 19.04.1990 erteilt. Der Traktor war damit das erste Fahrzeug überhaupt - noch vor dem PKW - das eine in ganz Europa gültige Genehmigung erhielt [1]. Das bisherige Vorschriftenwerk war auf Traktoren beschränkt und enthielt insgesamt 37 technische Sachverhalte, die in 24 sogenannten Einzelrichtlinien enthalten waren. In den vergangenen 25 Jahren wurden die Einzelrichtlinien kontinuierlich fortgeschrieben und an den technischen Fortschritt angepasst. Dies hatte zur Folge, dass jede Richtlinie mehrfach, einige bis zu elfmal, geändert oder ergänzt wurden und so die Lesbarkeit des Regelwerkes deutlich eingeschränkt wurde. Zu Beginn der 2000er Jahre wurde der Geltungsbereich formal auch um die gezogenen Fahrzeuge (Anhänger, Kategorie R und gezogene Maschinen, Kategorie S) und Traktoren über 40 km/h bauartbedingte Höchstgeschwindigkeit (Kategorie T5) durch die Richtlinie 2003/37/EG erweitert [2]. Allerdings ist es nicht gelungen, die hierfür notwendigen technischen Anforderungen zu definieren, sodass die Erteilung einer Typgenehmigung für Fahrzeuge der Kategorien R und S sowie T5 bislang nicht möglich war.

Am 23.07.2010 hat EU-Vizepräsident und Industriekommissar Antonio Tajani einen Vorschlag zur Neufassung der EU-Typgenehmigung für landwirtschaftliche Fahrzeuge zur weiteren Behandlung an das Europäische Parlament und den Rat weitergeleitet. Der Vorschlag sah den Ersatz der bestehenden Rahmenrichtlinie und der Einzelrichtlinien durch eine Rahmenverordnung, weitere vier delegierte Rechtsakte sowie einen Durchführungsrechtsakt vor. Zielsetzung des Vorschlages war die Vereinfachung und bessere Lesbarkeit des Regelwerkes sowie ein Abbau von Bürokratie. Nach intensiven Beratungen im Europäischen Parlament und im Ministerrat wurde der Vorschlag mit entsprechenden umfangreichen Änderungen, die von Rat und Parlament durchgesetzt wurden, als Verordnung (EU) 167/2013 veröffentlicht [3].

## **Aufbau der neuen Vorschriften**

Seit einiger Zeit wird von der EU-Kommission im Gesetzgebungsverfahren verstärkt statt der Richtlinie die Verordnung gewählt. Verwaltungsrechtlich besteht der Unterschied darin, dass die Richtlinie an den Mitgliedstaat gerichtet ist und somit nicht unmittelbar den Bürger der EU betrifft. Um eine Richtlinie für den Bürger zur verbindlichen Rechtsnorm zu machen, ist folglich eine Umsetzung in nationales Recht erforderlich. Eine Verordnung ist dagegen "in allen ihren Teilen verbindlich und gilt unmittelbar in jedem Mitgliedstaat" [3]. Dies wird von der Kommission als verwaltungsvereinfachend angesehen. Diese Einschätzung trifft jedoch nicht zu, da bestimmte Festlegungen von der Kommission im Detail gar nicht getroffen werden können (z. B. Benennung der Typgenehmigungs- und Marktüberwachungsbehörden sowie der Technischen Dienste), sodass dennoch eine Umsetzung durch die Mitgliedstaaten erfolgen muss.

Das neue Typgenehmigungsregelwerk setzt sich wie folgt zusammen:

- Rahmenverordnung (VO (EU) 167/2013)

Diese beschreibt das Typgenehmigungsverfahren, die Pflichten der Hersteller, Marktüberwachungs-, Genehmigungsbehörden und der Technischen Dienste. Sie enthält darüber hinaus die Definition der Fahrzeugkategorien, die Typabgrenzungsmerkmale, die technischen Anforderungen hinsichtlich der funktionalen Sicherheit (Artikel 17; im wesentlichen Aspekte der Verkehrssicherheit), hinsichtlich der Bau- und Konstruktionsvorschriften (Artikel 18, Aspekte zur Sicherheit bei der Arbeit) und die Umweltschutzanforderungen (Artikel 19) einschließlich der Grenzwerte für den Außengeräuschpegel von Traktoren. Eine Änderung dieser Festlegungen ist nur durch das Mitentscheidungsverfahren möglich, d. h. Rat und Parlament sind aktiv in den Gesetzgebungsprozess eingebunden. Der EU-Gesetzgeber wollte damit für diese grundlegenden Anforderungen eine langfristige Kontinuität sicherstellen.

- Vier delegierte Verordnungen

Diese enthalten die Anforderungen an die funktionale Sicherheit, an die Bremsanlagen, an die Bau- und Konstruktionsvorschriften sowie Vorschriften für Abgasemissionen und Geräusch (Umweltschutz) und konkretisieren die allgemeinen Vorgaben der Artikel 17 bis 19 der Rahmenverordnung bzw. machen diese überprüfbar.

- Eine Durchführungsverordnung

Sie enthält alle verwaltungsrechtlichen Anforderungen wie Formulare, Beschreibungsunterlagen, Muster für Genehmigungsbögen, Muster für Fabrikschilder etc. Diese Verordnung ist verwaltungsrechtlich die wichtigste der nachgeordneten Regelungen, weil nur durch ihre Festlegungen eine rechtsverbindliche Genehmigung erteilt werden kann.

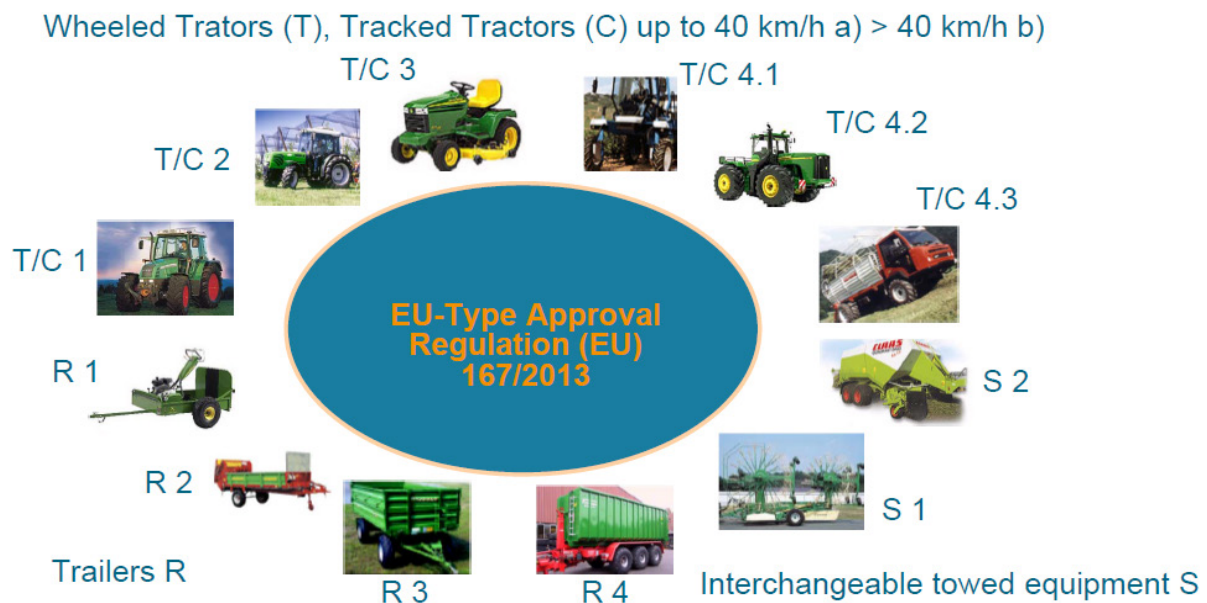
Die delegierten Verordnungen sowie die Durchführungsverordnung können in einem vereinfachten Gesetzgebungsverfahren geändert und somit zügig dem Stand der Technik und dem praktischen Bedarf des Typgenehmigungsverfahrens angepasst werden. Für die Änderung der delegierten Verordnungen wird keine Zustimmung durch die Mitgliedstaaten und das Parlament benötigt. Zur Änderung der Durchführungsverordnung bedarf es der Zustimmung der Mitgliedstaaten, aber nicht der des Parlamentes ("Komitologieverfahren").

Die bisherige Richtlinie 2003/37/EG und ihre 24 Einzelrichtlinien werden zum 01.01.2016 ersatzlos zurückgezogen und durch das neue Typgenehmigungsregelwerk ersetzt.

### Geltungsbereich

**Bild 1** zeigt den Geltungsbereich sowie die verschiedenen Fahrzeugkategorien und Unterkategorien. Anders als bei den Kraftfahrzeugen (PKW, LKW und deren Anhänger) hat der EU-Gesetzgeber nicht durchgängig die obligatorische Harmonisierungslösung gewählt. Lediglich die Fahrzeugkategorien T1, T2, T3 sowie T4.3, für die bislang die EU-Typgenehmigung bereits verbindlich war, müssen künftig ebenfalls obligatorisch die neuen Vorschriften einhalten. Alle übrigen Fahrzeugkategorien können entweder nach den EU-Vorschriften oder weiterhin nach den jeweiligen nationalen Vorschriften genehmigt werden. Es ist jedoch mit hoher Wahrscheinlichkeit davon auszugehen, dass eine Vielzahl der Mitgliedstaaten ihr nationales

Recht im Bereich der landwirtschaftlichen Fahrzeuge nach und nach durch EU-Vorschriften ersetzt wird und damit faktisch eine obligatorische Harmonisierung entsteht. Die Fahrzeugkategorie T5 (Traktoren über 40 km/h) wurde nicht beibehalten. Vielmehr wurde hinsichtlich des Höchstgeschwindigkeitsmerkmals dem Konzept, wie es die Richtlinie 2003/37/EG für die gezogenen Fahrzeuge der Kategorien R und S vorsah, gefolgt. Danach erhalten Traktoren aller Kategorien bis 40 km/h den Index "a" und alle über 40 km/h den Index "b". Mit dieser Festlegung können die Versionen bis 40 km/h und die darüber gemeinsam in derselben Typgenehmigung behandelt werden. Dies ist eine begrüßenswerte Verwaltungsvereinfachung, da die Höchstgeschwindigkeiten der heutigen Traktoren in der Regel über Software festgelegt werden, sie ansonsten aber technisch identisch sind.



**Bild 1:** Geltungsbereich der Verordnung (EU) 167/2013 (Quelle: VDMA Referat Verkehr)

**Figure 1:** Scope of the Regulation (EU) 167/2013 (Source: VDMA Department of Transport)

## Sachstand des Gesetzgebungsverfahrens

Zwischenzeitlich (Stand 31.01.2015) sind die Delegierten Verordnungen über die Bauvorschriften (RVCR = Regulation on Vehicles Construction Requirements) [4] am 18.12.2014, die Umweltvorschriften (REPPR = Regulation on Vehicles Environmental and Propulsion unit Performance Requirements) [5] sowie die Bremsanlagen (RVBR = Regulation on Vehicles Braking Requirements) [6] jeweils am 07.01.2015 veröffentlicht worden. Die delegierte Verordnung über die funktionale Sicherheit (RVFSR = Regulation on Vehicles Functional Safety Requirements) ist am 08.12.2014 von der Kommission angenommen worden und wird am 17.02.2015 veröffentlicht. Die Durchführungsverordnung (RAR = Regulation on Administrative Requirements), deren Annahme der Zustimmung der Mitgliedstaaten bedarf, wurde vom Ausschuss Landwirtschaftliche Fahrzeuge, der sich aus Vertretern der Mitgliedstaaten unter Vorsitz der Kommission zusammensetzt, am 16.12.2014 einstimmig angenommen und soll bis spätestens April 2015 veröffentlicht werden. Die Vorschriften können ab 01.01.2016 angewendet werden. Ab diesem Datum müssen neue Typen von Fahrzeugen, für die das EU-

Typgenehmigungsverfahren obligatorisch gilt, die neuen Vorschriften einhalten. Ab 01.01.2018 dürfen nur noch neue Fahrzeuge in Verkehr gebracht bzw. zugelassen werden, die die neuen Vorschriften erfüllen. Die EU-Kommission hat in Aussicht gestellt, dass die in den Verordnungen enthaltenen Fehler und Ungereimtheiten, die aufgrund der unter erheblichem Zeitdruck erarbeiteten Vorschriften entstanden sind, im Rahmen einer Korrektur bis Mitte des Jahres 2015 beseitigt werden könnten, sofern entsprechende Vorschläge vorliegen. Derzeit werden seitens der Industrie und der Mitgliedstaaten die neuen Vorschriften auf ihre Umsetzbarkeit überprüft. Erste Änderungs- und Ergänzungswünsche liegen der Kommission bereits vor. Es ist allerdings fraglich, ob diese Nachbesserungen wirklich bis Mitte 2015 umgesetzt werden können.

### **Was ist neu?**

Die ursprüngliche Absicht der Kommission war, für die Fahrzeugkategorien, die bereits im Rahmen der Richtlinie 2003/37/EG genehmigt wurden, keine bzw. nur untergeordnete neue technische Anforderungen zu erlassen, sondern den Schwerpunkt auf die Festlegung der Anforderungen an die Fahrzeugkategorien, für die bislang keine technischen Anforderungen existierten, zu legen. Da in die Diskussionen, die zur Meinungsbildung innerhalb der Kommission entscheidend beitragen, eine Vielzahl von Interessengruppen eingebunden waren, konnte dieser Grundsatz nicht eingehalten werden. Neben den bisherigen Anforderungen (siehe Tabelle 1 in [1]) sind somit auch für Traktoren neue Sachverhalte hinzugekommen, die zum Teil erhebliche konstruktive Auswirkungen haben und zusätzlichen Überprüfungsbedarf bei der Typgenehmigung auslösen, aber immer zusätzlichen Dokumentations- und Verwaltungsaufwand bedeuten. Eine umfassende Darstellung ist hier nicht möglich, daher hier einige ausgewählte Beispiele:

#### *Zugang zu Wartungs- und Instandhaltungsinformationen (RMI)*

Im Kraftfahrzeugsektor wurde bereits vor einigen Jahren festgelegt, dass Automobilhersteller auch freien Werkstätten ("unabhängiger Wirtschaftsakteur" [3]) die gleichen Informationen wie Vertragshändlern hinsichtlich der Wartung und Reparatur von Fahrzeugen zur Verfügung stellen müssen, um Wettbewerbsbehinderungen im Servicebereich zu verhindern. Diese Anforderungen wurden inhaltsgleich in die Vorschriften für landwirtschaftliche Fahrzeuge übernommen. Dabei blieb unberücksichtigt, dass die Rahmenbedingungen im Servicebereich für Kraftfahrzeuge völlig andere sind, als in der Landtechnik. Derzeit wird industriintern an Leitlinien zur Umsetzung dieser Forderungen gearbeitet. Zur Unterstützung wird beim Europäischen Normungskomitee CEN eine entsprechende Norm bearbeitet [7].

#### *Fahrzeuginnenausstattung*

Hier wurden die für PKW geltenden Vorschriften übernommen. Die Vorschriften haben zum Ziel, die Verletzungsgefahr bei Unfällen zu minimieren, indem Fahrzeugausstattungssteile, auf die Fahrzeuginsassen bei einem Unfall prallen könnten, entsprechend aus nachgiebigen Werkstoffen hergestellt oder mit großen Radien versehen sind. Die Gegebenheiten beim Traktor sind mit denen beim PKW nicht vergleichbar, ein entsprechender Nutzen ist bei Traktoren nicht erkennbar [8]. Im Gegenteil, durch die gegebenenfalls erforderliche filigrane Ge-

gestaltung von Stellteilen können nach Ansicht von Herstellern sogar ergonomisch nachteilige Konstruktionen entstehen.

#### *Fahrzeugaußenkanten*

Auch hier wurden die für PKW geltenden Vorschriften übernommen ohne zu berücksichtigen, dass die wesentliche Funktion des Traktors im Verrichten von Arbeit abseits öffentlicher Straßen liegt. Auch diese Anforderungen haben die verletzungsmindernde Gestaltung von Teilen, mit denen im Falle eines Unfalles Personen in Berührung kommen könnten, zum Ziel. Insbesondere bei Schmalspurtraktoren für Wein- und Obstbau führt die Anwendung dieser Vorschriften zu erheblichen konstruktiven Maßnahmen gerade im Bereich von Motor und Getriebe.

Für Anhänger und angehängte Maschinen, die mit Werkzeugen ausgerüstet sind, existiert zwar eine Ausnahme. Die Formulierung der Vorschrift hat jedoch einen Interpretationsspielraum, sodass bislang noch nicht geklärt werden konnte, wie Genehmigungsbehörden und Technische Dienste diese Vorschrift auslegen werden.

#### *Dokumentationsaufwand*

Verschiedene Traktorenhersteller schätzen den Dokumentationsaufwand gegenüber der Typgenehmigung nach 2003/37/EG etwa um den Faktor vier umfangreicher. Dies resultiert u. a. daraus, dass bestimmte Sachverhalte, die bislang zwar Stand der Technik waren (z. B. Geschwindigkeitsmesser, Heizung, Tür-, Zündschloss), nunmehr zumindest in den Typbeschreibungunterlagen (Beschreibungsbogen) dokumentiert sein müssen, meist aber auch eine Überprüfung der Einhaltung der Anforderungen erfordern.

Auch müssen für die Typprüfung und spätere Zulassung der Fahrzeuge deutlich mehr und oftmals nicht relevante Daten dokumentiert werden. Reifen werden künftig bauartgenehmigungspflichtig. In Verbindung mit der Forderung, dass die jeweilige Genehmigungsnummer des Reifens im Beschreibungsbogen angegeben werden muss, entsteht hier eine Bindung an den Reifenhersteller. Die Umstellung des Messverfahrens für die Motorleistung von UN R 24 auf UN R 120 [9] hat zur Folge, dass für alle Motortypen neue Leistungsmessungen und -genehmigungen durchgeführt werden müssen.

#### *Verbesserung der Verkehrssicherheit*

Eine Reihe von Änderungen tragen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit bei. Zu nennen sind die verbesserten Anforderungen an das Sichtfeld, insbesondere seitlich neben dem Fahrzeug. Die Grundlage für diese Anforderung bildet die ISO 5721-2:2014 [10]. Diese Norm wurde auf Initiative der Industrie und auf Vorschlag der Normengruppe Landtechnik in DIN erarbeitet und fand Einzug in das europäische Regelwerk auf Wunsch der Industrie.

Die Auswertung von Unfällen mit landwirtschaftlichen Zugmaschinen [8] zeigt, dass ein erheblicher Teil der Unfälle durch die Verbesserung der Erkennbarkeit landwirtschaftlicher Fahrzeuge adressiert werden kann. Ebenfalls auf Initiative der Industrie wurde deshalb eine Anpassung der UN R 86 (Anbau der Beleuchtungseinrichtungen von Traktoren, [9]) in Genf angestoßen, wobei eine Erweiterung des Geltungsbereiches neben Traktoren auch auf An-



hänger und gezogene Maschinen vorgenommen wurde. Neu eingeführt wird z. B. das obligatorische Fernlicht für Traktoren mit mehr als 40 km/h Höchstgeschwindigkeit. Ferner wurde für Fahrzeuge über 6 Meter Länge - mit Ausnahme der gezogenen Geräte (Kategorie S) - die obligatorische Ausrüstung mit Seitenmarkierungsleuchten beschlossen. Diese Änderungen werden aber erst in der EU-Typgenehmigung berücksichtigt, wenn die UN R 86 bei der UN in Genf angenommen und bei der EU in Brüssel als Ersatz der bisherigen Vorschriften anerkannt wurden. Dies wird voraussichtlich nicht vor 2017 stattfinden. Bis dahin bleiben Fernlicht und Seitenmarkierungsleuchten eine Option. Die Anbringung von Konturmarkierungen bleibt weiterhin optional. Für Fahrzeuge mit einer Breite von mehr als 2,55 m wird die Anbringung von (bauartgenehmigten) Warntafeln oder -folien obligatorisch vorgeschrieben. Die Farben und die Qualität der Folien und Tafeln sollen entweder UN R 70 oder UN R 104 [9] entsprechen. Hinsichtlich der Formate und der Anbringung wurden die Inhalte der DIN 11030 [11] übernommen, wobei zusätzlich eine größere Flexibilität hinsichtlich der Gestaltung der Formen erreicht werden konnte.

Alle Traktoren müssen künftig mit Sitzgurten ausgestattet sein.

Die seit langem diskutierte Revision der Vorschriften für Bremsanlagen wurde in der RVBR [6] vollendet. Insbesondere die Kompatibilität zwischen Zugfahrzeug und Anhänger soll das Fahrverhalten von Fahrzeugkombinationen deutlich verbessern. ABS wird für Fahrzeuge über 60 km/h vorgeschrieben. Ab etwa 2020 wird für Traktoren ABS bereits ab 40 km/h zur Pflichtausrüstung.

## **Kritik**

Die ursprünglich mit dem Ziel der Verwaltungsvereinfachung und der Reduzierung unnötiger Bürokratie vorgenommene Reform des EU-Typgenehmigungsverfahrens hat sich aufgrund der für die EU-Gesetzgebung typischen Eigendynamik zu einer großen Herausforderung für Industrie, Technische Dienste und Genehmigungsbehörden entwickelt. Dies hat im Wesentlichen drei Gründe:

1. Neue technische Anforderungen aus anderen Kfz-Sektoren, die mit den Besonderheiten von landwirtschaftlichen Fahrzeugen, die aus dem Verwendungszweck resultieren, nur schwer oder gar nicht vereinbar sind, müssen erfüllt werden;
2. Der Zeitrahmen bis zur Anwendung der Vorschriften auf alle erstmals in den Verkehr kommenden Fahrzeuge ab 01.01.2018 ist viel zu kurz gewählt. Immerhin müssen nicht nur die konstruktiven und technischen Änderungen an den Fahrzeugen vorgenommen werden, sondern auch die entsprechenden Prüfungen müssen noch durch die Technischen Dienste durchgeführt werden. Auch die Erteilung der Genehmigung benötigt darüber hinaus einen entsprechenden zeitlichen Vorlauf;
3. Die Verabschiedung der delegierten Verordnungen und der Durchführungsverordnung hat sich um etwa sechs Monate gegenüber der ursprünglichen Zeitplanung verschoben, sodass erst im Frühjahr des Jahres 2015 Rechtssicherheit für alle Beteiligten besteht. Diese Rechtssicherheit ist aber insbesondere für die Hersteller unabdingbar, weil nur auf dieser Basis die entsprechenden Entscheidungen für die notwendigen Investitionen (Konstruktionsänderun-

gen etc.) getroffen werden können. Die Einhaltung des ohnehin sehr ehrgeizigen Zeitplanes, der vom EU-Gesetzgeber vorgegeben wurde, wird damit zusätzlich erschwert.

### **Zusammenfassung**

25 Jahre nach der Erteilung der ersten Europäischen Betriebserlaubnis für einen Traktor wurde das harmonisierte Regelwerk für Traktoren vollständig neu gefasst und grundlegend reformiert. Wesentliches Instrument der neuen EU-Gesetzgebung ist die Verordnung (EU), die das bisher im Fahrzeugbau übliche Harmonisierungswerkzeug EU-Richtlinie ablöst und damit verwaltungsvereinfachend wirken soll. Da diese Reform mit erheblichen technischen und administrativen Änderungen einhergeht, haben die betroffenen Hersteller, Technischen Dienste und Genehmigungsbehörden im Vergleich zu bisher einen deutlich höheren Aufwand zu leisten. Eine Verbesserung der Verkehrs- und Arbeitssicherheit sowie des Umweltschutzes wird, wenn überhaupt, nur marginal erkennbar, da die Meilensteine der Verkehrs- und Arbeitssicherheit bei Traktoren bereits viel früher gesetzt wurden [12].

## **Literatur**

- [1] Schauer, Andreas: Technische Harmonisierung - Europäische Betriebserlaubnis für landwirtschaftliche Fahrzeuge. In: Matthies, Hans-Jürgen und Meier, Friedhelm (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 1998, Landwirtschaftsverlag Münster, 1998, S. 30-41
- [2] N. N.: Richtlinie 2003/37/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Mai 2003 über die Typgenehmigung für land- oder forstwirtschaftliche Zugmaschinen, ihre Anhänger und die von ihnen gezogenen auswechselbaren Maschinen sowie für Systeme, Bauteile und selbständige technische Einheiten dieser Fahrzeuge und zur Aufhebung der Richtlinie 74/150/EWG. Amtsblatt der EU Nr. L 171 vom 09.07.2003, Seite 1
- [3] N.N.: Verordnung (EU) Nr. 167/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 5. Februar 2013 über die Genehmigung und Marktüberwachung von land- und forstwirtschaftlichen Fahrzeugen. Amtsblatt der EU Nr. L 60 vom 02.03.2013, Seite 1
- [4] N.N.: Delegierte Verordnung (EU) Nr. 1322/2014 der Kommission vom 19. September 2014 zur Ergänzung und Änderung der Verordnung (EU) Nr. 167/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich der Anforderungen an die Bauweise von Fahrzeugen und der allgemeinen Anforderungen im Zusammenhang mit der Typgenehmigung von land- und forstwirtschaftlichen Fahrzeugen. Amtsblatt der EU Nr. L 364 vom 18.12.2014, Seite 1
- [5] N.N.: Delegierte Verordnung (EU) Nr. 2015/96 der Kommission vom 1. Oktober 2014 zur Ergänzung der Verordnung (EU) Nr. 167/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates in Bezug auf die Anforderungen an die Umweltverträglichkeit und die Leistung der Antriebseinheit von land- und forstwirtschaftlichen Fahrzeugen. Amtsblatt der EU Nr. L 16 vom 23.01.2015, Seite 1
- [6] N.N.: Delegierte Verordnung (EU) Nr. 2015/68 der Kommission vom 15. Oktober 2014 zur Ergänzung der Verordnung (EU) Nr. 167/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich der Anforderungen für die Bremsen von Fahrzeugen im Zusammenhang mit der Typgenehmigung von land- und forstwirtschaftlichen Fahrzeugen. Amtsblatt der EU Nr. L 17 vom 23.01.2015, Seite 1
- [7] N.N.: CEN NWI (New Work Item) Landmaschinen und Traktoren — Genormter Zugang zu Reparatur- und Wartungsinformationen (RMI) — Anforderungen. CEN/TC 144, Brüssel, Januar 2015, unveröffentlicht
- [8] Behl, Thomas; Verlage, Andreas; Gwehenberger, Johann; Heimsath, Dieter; Kühn, Matthias und Bende, Jenö: Personenschadenunfälle mit landwirtschaftlichen Zugmaschinen. Forschungsbericht FS 02, Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. Unfallforschung der Versicherer, Berlin, Januar 2011
- [9] N.N.: FEE Fahrzeugtechnik EWG/ECE, KV Reader (Online Version Loseblattsammlung). Bonn, Kirschbaum Verlag, 2015
- [10] N.N.: ISO 5721-2:2014 Agricultural tractors-- Requirements, test procedures and acceptance criteria for the operator's field of vision -- Part 2: Field of vision to the side and to the rear. ISO, Genf, 2014

- [11] N.N.: DIN 11030:1994-09 Landmaschinen und Traktoren - Kenntlichmachung von Anbaugeräten und angehängten Arbeitsgeräten - Warntafel und Warnfolie. Beuth-Verlag, Berlin, September 1994
- [12] Schauer, Andreas: Sicherheit von Traktoren - Entwicklung und Ausblick. Landtechnik 67 (3), S. 169 - 171

---

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Schauer, Andreas: EU-Typgenehmigung für landwirtschaftliche Fahrzeuge. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2014. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2015. S. 1-10

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055042>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/175.html>

## **Kommunikationssysteme und Web-Lösungen in der Landtechnik**

Jan Horstmann, Maschinenfabrik Bernard Krone GmbH, Spelle

### **Kurzfassung**

Die Bedeutung von Datenmanagement und Prozess-Optimierung im Agrarsektor steigt zunehmend. Neben leistungsfähigen Maschinen rücken mehr und mehr Assistenzsysteme, Dienste, Kommunikationssysteme und elektronische Lösungen in den Fokus. Datenerfassung, Datenbereitstellung, Datenübermittlung und die zugehörigen Kommunikationssysteme entwickeln sich mit den entsprechenden Fachanwendungen und Diensten zu entscheidenden Werkzeugen, um die landwirtschaftlichen Prozesse zu optimieren. Aufgrund gestiegener Kundenanforderungen, des enormen Zuwachses an Daten und Wissen sowie der zunehmenden Zahl an Einzellösungen sind leistungsfähige Kommunikationssysteme eine Schlüsseltechnologie für die Weiterentwicklung der Landtechnik. Neutralität, Datenschutz, Herstellerunabhängigkeit und offene Lösungen bieten über Hersteller Grenzen hinweg Potenziale zur Leistungs-, Effizienz- und Effektivitäts-Steigerung durch Software und Dienste.

### **Schlüsselwörter**

Datenmanagement, Prozessoptimierung, Dienste, Netzwerk, ISOBUS, Software, CCI, AEF, IT, FMIS, Apps, Cloud, iGreen, offene Systeme, herstellerübergreifende Lösungen, Web, Big Data

## **Communication systems and web solutions in agriculture**

Jan Horstmann, Maschinenfabrik Bernard Krone GmbH, Spelle

### **Abstract**

The impact of data management and process optimization in agri-business starts to increase steadily. Besides powerful agricultural machines more and more assistance systems, services, communication systems and electronical solutions get recognition and focus. Data recording, data provisioning, data transmission and referenced communication systems become essential tools to improve agricultural processes. Raising customer requirements, enormous growth of data volumes and knowledge together with increasing number of legacy solutions force communication systems to be a key technology for further development of agri-business. Neutrality, security, manufacturer independency and open solutions offer opportunities to achieve higher efficiency and productivity by help of software and services.

### **Keywords**

Data management, process optimization, services, network, software, CCI, AEF, IT, FMIS, Apps, Cloud, iGreen, open systems, manufacturer independent solutions, Web, Big Data

## **Anforderungen an Datenmanagement-Lösungen und Kommunikationssysteme**

Landwirte und Lohnunternehmer sowie die Fahrer landwirtschaftlicher Arbeitsmaschinen sind geprägt durch moderne Technik. Der Einfluss moderner Kommunikationssysteme nimmt stetig zu, getrieben durch die Nutzung von Smartphones, Tablets und modernen Multimedia- und Entertainment-Systemen. Der tägliche Umgang mit diesen Systemen führt zu Gewöhnungsaspekten und lässt damit die Anforderungen an Datenmanagement-Lösungen und Kommunikationssysteme in der Landtechnik weiter steigen.

Apps, webbasierte Produkte sowie Dienste und Services rund um die Maschine machen das eigentliche Produkt attraktiv und müssen für die Integration der Maschine in die Umwelt des Kunden sorgen. Am deutlichsten sind diese Entwicklungen aktuell im Bereich der weiterverarbeitenden Industrien, wie z.B. Zuckerproduktion, aber auch im Biogas-Bereich zu erkennen. Maschinen, die nicht in die Infrastruktur und Umwelt des verarbeitenden Betriebs passen, werden nicht akzeptiert. Ohne entsprechende Datenmanagement-Lösungen und Kommunikationssysteme ist die Ernte und Anlieferung bei den hochtechnologisierten und automatisierten Betrieben nicht mehr möglich.

Die Landwirte, Lohnunternehmer und insbesondere die Fahrer der Maschinen fordern automatisierte Datenmanagement-Lösungen und einfach bedienbare Kommunikations-Systeme. Kompatibilität, offene Schnittstellen, ISOBUS-Unterstützung sowie Herstellerunabhängigkeit werden gleichermaßen gefordert. Im Funktionsumfang sollen neben der Maschinendatenerfassung, Navigation, Kommunikation und Telematik auch ergänzende Dienste, wie z.B. Arbeitszeiterfassung, Wetter und Social Media Dienste enthalten sein. Kompatibilität zu Buchhaltungs- und Abrechnungssystemen ist eine weitere wichtige Kundenanforderung. Zugriffsmöglichkeiten sollen nicht nur auf das Büro beschränkt sein. Alle relevanten Betriebs- und Statusinformationen sollen zu jeder Maschine, zu jeder Zeit an jedem Ort der Welt über mobile Endgeräte abgerufen und beeinflusst werden können.

Die Vernetzung von generierten Informationen bekommt dabei eine hohe Bedeutung. Landwirte und Lohnunternehmer wollen die landwirtschaftlichen Prozesse von der Aussaat bis zur Ernte optimieren. Dafür ist eine Durchgängigkeit der Datenflüsse und der Zwangsanforderung erforderlich. Die Bedienung und das optische Erscheinungsbild der Anwendungen müssen sich einheitlich und durchgängig darstellen. Unterschiedliche Dienste und Anwendungen sollen auf einer einmal erstellten Datenbasis mit Stamm- und Bewegungsdaten arbeiten. Begriffe wie Big Data, Industrie 4.0 und Internet of Things werden in der Landtechnik aktuell nicht im Sprachgebrauch angewendet. Sowohl die Anwender, Software-Anbieter und Maschinenhersteller bezeichnen moderne Kommunikationssysteme und Datenmanagement-Lösungen als "Cloud" oder "Daten-Drehscheibe".

Neben den fachlichen Anforderungen stellen Landwirte und Lohnunternehmer die klare Forderung nach informationeller Selbstbestimmung [1]. Jeder Anwender möchte selbst entscheiden, wem er welche Daten zur Ansicht freigibt. Datenschutz und Datensicherheit müssen insbesondere im Bereich webbasierter Datenmanagement-Systeme sichergestellt werden. Das gilt gleichermaßen für Administratoren und staatliche Einrichtungen.

## Marktentwicklungen im Bereich Kommunikationssysteme und Datenmanagement

Seit der ersten Vorstellung von webbasierten Datenmanagement-Lösungen auf der Agritechnica 2013 laufen die Entwicklungsarbeiten bei allen Lösungsanbietern auf Hochtouren. Neben herstellerspezifischen und herstellergetriebenen Lösungen, wie z.B. myJohnDeere.com [2] und 365farmnet.com [3], engagieren sich insbesondere die klassischen Hersteller von Agrarsoftware, um webbasierte Lösungen zu erstellen.

Die Kundenverbände fordern Neutralität, Datenschutz, Herstellerunabhängigkeit und Durchgängigkeit der Lösungen. Landwirte, Lohnunternehmer und Maschinenringe zeigen am Markt aktuell Zurückhaltung und stehen in einer abwartenden Haltung, da viele Kommunikationssysteme und Datenmanagement-Lösungen aktuell noch in der frühen Entwicklungsphase stecken. Neben dem unvollständigen funktionalen Abdeckungsgrad der Lösungen kritisieren die Kunden heute insbesondere, dass keine durchgängige Lösung für alle relevanten Maschinen der unterschiedlichen Landtechnik-Hersteller verfügbar ist.

Diese Tatsache hat es verschiedenen externen Software-Herstellern ermöglicht, Einzellösungen am Markt zu platzieren. In Deutschland sind neben Arvato System FarmPilot [4] und Agricircle [5] unter anderem Trecker.com [6] und Betriko.de [7] mit webbasierten Kommunikationssystemen und Datenmanagement-Lösungen am Markt in Erscheinung getreten. Neben deutschen Anbietern sind vermehrt Aktivitäten im internationalen Markt festzustellen. Insbesondere in England, in den USA und weiteren Teilen der Welt entstehen webbasierte moderne Lösungen und Dienste für die Landwirtschaft. Oftmals fehlt es bei den externen Software-Herstellern an dem notwendigen Abdeckungsgrad und Schnittstellen zu weiteren Diensten sind nicht verfügbar. Jeder dieser Marktteilnehmer hat sich auf ein Fachgebiet und einen eingeschränkten Kundenkreis spezialisiert.

Kundenverbände und Landtechnik-Hersteller werden vom Markt dazu aufgerufen, eine durchgängige, neutrale und herstellerübergreifende Lösung zu etablieren, die frei von jeglichem politischen Interesse oder Firmeninteresse ist. Diese Aufgabenstellung muss die Branche lösen, um weitere Prozessoptimierung und Produktivitätssteigerungen zu erzielen.

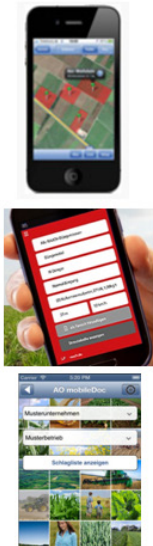
Im Bereich der Kommunikationssysteme ist im Segment der Hardware ein klarer Trend erkennbar. Eine stetig wachsende Anzahl an Apps und Anwendungen für mobile Endgeräte, wie z.B. Smartphones und Tablets, ist ein klares Zeichen dafür, dass bei Landwirten und Lohnunternehmern eine hohe Akzeptanz dieser Multimedia-Technologie vorhanden ist.

Kunden fordern Zugriff auf Datenmanagement-Lösung von jedem Ort der Welt, zu jeder Zeit. Mobile Endgeräte ergänzen als Kommunikationssystem das herkömmliche Maschinenterminal. In der Regel sind mobile Endgeräte bereits mit GPS-Empfänger und Online-Anbindung versehen, sodass sich die Nutzung für landwirtschaftliche Anwendungen anbietet. Da mobile Endgeräte eine kürzere Lebensdauer haben, kann und muss man diese Geräte deutlich einfacher und schneller in der Kabine des Traktors ersetzen.

Nachdem die Landtechnik im ersten Schritt reine Apps zur Anzeige und Berechnung von Informationen, wie Wetter, Streutabellen, etc. angeboten hat, wurde im weiteren Schritt auch Datenmanagement mit Maschinendatenerfassung umgesetzt.

Einige Landtechnik-Hersteller arbeiten an Lösungen, um sicherheitskritische Arbeitsfunktionen über mobile Endgeräte realisieren zu können. Die folgende Abbildung zeigt unterschiedliche Kategorien an landwirtschaftlichen Apps auf mobilen Endgeräten.

### Landwirtschafts-Apps



### Datenmanagement



### Maschinenbedienung



Quellen:

Rauch,  
Landdata,  
Kotte,  
Claas,  
BogBalle,  
Vaderstad,  
Precision Planting,  
CCI,  
Krone

**Bild 1:** Apps go Farming - Kategorisierung von landwirtschaftlichen Anwendungen [8]

**Figure 1:** Apps go Farming - classification of agricultural apps [8]

Im Bereich der Maschinenbedienung gilt es neben den klaren Vorgaben der ISO25119 [9] insbesondere mit der hohen Entwicklungsgeschwindigkeit der Multimedia-Industrie standzuhalten. Aktuell ist dazu noch kein Trend am Markt sichtbar. Es gibt erste Hersteller, die Lösungen anbieten, allerdings sind in der Praxis noch verschiedene Herausforderungen in diesem Bereich zu lösen. Für die eigenständigen Anwendungen sowie für den Bereich Datenmanagement sind mobile Endgeräte bereits heute vielfach im Einsatz.

### Webbasierte Lösungen und Dienste

Die Fachbereiche der Landwirtschaft sind komplex und tiefgreifend. Genauso unterschiedliche, wie die Natur und Ernte in den einzelnen Regionen ist, ebenso unterschiedlich sind auch die Bedarfe nach spezifischen Kommunikationssystemen und Fach-Anwendungen. Um die Kundenanforderungen zu erfüllen und dabei trotzdem wirtschaftlich entwickeln zu können, Produkte und Dienstleistungen in den Märkten verkaufen zu können, sind grundsätzlich neue Denkansätze zu generieren. In absehbarer Zukunft wird es nichtmehr ausreichen eine einzelne Maschine zu verkaufen. Zum Verkauf einer Maschine gehört dann die Integration in das Arbeitsumfeld, mechanische, physikalische aber insbesondere auch logische Schnittstellen. ISOBUS, Datenkompatibilität sowie Dienste und Anwendungen im Bereich Datenmanagement müssen nicht nur die perfekte Integration in den Betrieb sicherstellen, sondern auch die Optimierung der täglichen Arbeiten und Prozesse ermöglichen. Die Maschinenhersteller müssen dabei völlig neue und kreative Ideen entwickeln, wie neben der



technischen Lösung der Integration auch wirtschaftliche Vorteile erzielt werden können. Die nachfolgende Abbildung zeigt, wie umfangreich und vielfältig Datenmanagement, Cloud-Lösungen und Dienste sein können.



**Bild 2:** Cloud-Lösungen - Grobarchitektur einer Landwirtschaftlichen Datendrehscheibe [10]

**Figure 2:** Cloud-solutions - architecture of agricultural data hub [10]

Auf der Abbildung ist zu sehen, dass die Benutzer- und Rechteverwaltung für die Daten an zentraler Stelle organisiert werden muss. Die entsprechenden Stammdaten sind dort vorzuhalten. Applikationen, die angekoppelt werden, können eine eigene lokale Datenhaltung aufweisen (z.B. Landdata Eurosoft Hybrid-Systeme [11]). Auf Basis dieser zentralen Komponenten können berechnete Benutzer und Anwendungen Daten ablegen oder abfragen. Dabei spielt die Standardisierung der Datenformate, wie sie z.B. durch die Organisationen AEF und CCI vorangetrieben wird, eine wichtige Rolle. Neben der Standardisierung ist es wichtig, dass auch weitere zum Teil proprietäre Schnittstellen verknüpfbar sind, um zum Beispiel Nachrichten, Wetterdaten und weitere Informationen mit der Plattform verbinden zu können. Diese Schnittstellen müssen dann mittels Konvertierung in ein Standardformat gebracht werden.

Alle Datenformate und Schnittstellen mitsamt einem Framework zu Entwicklung von Anwendungen müssen öffentlich gemacht und den Entwicklern bereitgestellt werden. Der Betreiber der Datendrehscheibe muss dabei frei von jeglichen Interessen der Dienste-Anbieter oder gar Maschinenhersteller agieren und den langfristigen Betrieb unter definierten Geschäftsbedingungen sicherstellen.

Rund um die zentrale Datendrehscheibe kann nun jeder Interessierte seine fachspezifischen Anwendungen und Dienste entwickeln. Dabei gilt es, dass die Anwendungen möglichst nach einheitlichem Bedienschema und gleichem "Look & Feel" implementiert werden. Hierbei können die aus der Web-Technologie bekannten "Stylesheets" helfen.

Die Vielfalt und fachliche Tiefe der Anwendungen kann von den Dienste-Anbietern selbst bestimmt werden. Unterschiedliche Anwendungen können sich dabei gegenseitig unterstützen und durch Kombination von verschiedenen Daten und Diensten lassen sich landwirtschaftliche Prozessketten und Arbeitsverfahren optimieren.

### **Zusammenfassung**

Webbasierte Datenmanagement-Lösungen und moderne Kommunikationssysteme dienen der ganzheitlichen Prozessoptimierung in der Landwirtschaft und Landtechnik. Zurzeit am Markt befindliche Systeme stehen unter hohem Druck und müssen sich den gestiegenen Kundenanforderungen stellen. Bei webbasierten Lösungen stehen Datenschutz, durchgängiger Funktionsumfang sowie die Unterstützung aller relevanten Technik- und Maschinenhersteller im Fokus.

Landwirte, Lohnunternehmer und Maschinenringe wollen ihre landwirtschaftlichen Prozesse weiter optimieren und automatisieren. Dazu muss die Landtechnik-Branche gemeinsam mit den Kundenverbänden den Aufbau einer übergreifenden Kommunikationsinfrastruktur vorantreiben. Eine sinnvolle Aufgabenteilung zwischen allen Beteiligten ist notwendig, um die Entwicklung und den Betrieb wirtschaftlich und effizient zu gestalten.

Datenmanagement und moderne Kommunikationssysteme sind in den nächsten Jahren ein wichtiger Kernfaktor zur stetigen Verbesserung der Landtechnik.

## **Literatur**

- [1] Landwirtschaftsverlag GmbH: Rechte an Daten in der Landwirtschaft. Digital, legal, illegal. In: Profi 11/2014. Münster, 03.11.2014
- [2] John Deere GmbH & Co. KG: URL <https://myjohndeere.deere.com>. - Aktualisierungsdatum: 19.12.2014.
- [3] 365FarmNet GmbH: URL <https://www.365farmnet.com>. – Aktualisierungsdatum: 19.12.2014. - Berlin
- [4] Arvato System GmbH: URL <http://www.farmpilot.de/>. – Aktualisierungsdatum: 19.12.2014. - Gütersloh
- [5] AgriCircle AG: URL <http://www.agricircle.com>. – Aktualisierungsdatum: 19.12.2014. - Rapperswil
- [6] BM12 Software as a Solution GmbH: URL <http://www.trecker.com>. - Aktualisierungsdatum: 19.12.2014. -Berlin
- [7] Betriko GmbH: URL <https://www.betriko.de>. – Aktualisierungsdatum: 19.12.2014. - Kalletal
- [8] Maschinenfabrik Bernard Krone GmbH: Apps go Farming - Kategorisierung von landwirtschaftlichen Anwendungen. Spelle, 13.03.2014
- [9] ISO 25119 2010: Tractors and machinery for agriculture and forestry: Safety-related parts of control systems. Genf, 07.06.2010
- [10] Maschinenfabrik Bernard Krone GmbH: Cloud-Lösungen - Grobarchitektur einer landwirtschaftlichen Datendrehscheibe. Spelle, 17.05.2014
- [11] Landwirtschaftsverlag GmbH: Land-Data Eurosoft setzt auf Hybridsystem. URL <http://www.profi.de/news/Land-Data-Eurosoft-setzt-auf-Hybridsystem-1605071.html>. – Aktualisierungsdatum: 19.11.2014. – Münster

## **Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

### **Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Horstmann, Jan: Kommunikationssysteme und Web-Lösungen in der Landtechnik. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2014. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2015. S. 1-7

### **Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055043>

### **Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/177.html>

## Assistenz- und Automatisierungslösungen

Markus Robert

Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, Technische Universität Braunschweig

### Kurzfassung

Der Einsatz von Assistenz- und Automatisierungslösungen bei modernen Landmaschinen schreitet immer weiter voran. Neue und komplexere Sensorik, optimierte Algorithmen, günstigere Elektronik und permanent steigende Rechnerleistung haben allein in den letzten zwei Jahren zu einer Vielzahl neuer Lösungen am Markt geführt. Dabei kann zwischen rein überwachenden Systemen, die informieren oder Empfehlungen ausgeben, sowie regelnden Assistenzsystemen unterschieden werden, die den Fahrer bei komplexen, monotonen oder hochdynamischen Aufgaben unterstützen. Nachfolgend wird eine exemplarische Übersicht verschiedener Systeme gegeben die in den vergangenen zwei Jahren präsentiert wurden.

### Schlüsselwörter

Assistenzsysteme, Sensorik, Automatisierung, Regelungstechnik

## Assistance and Automation

Markus Robert

Institute of Mobile Machines and Commercial Vehicles

### Abstract

The use of assistance and automation solutions in modern agriculture machines proceeds with increasing speed. New sensors, optimized algorithms, cheaper electronics and increasing computing power led to a high number of new automation systems within the last two years. A distinction has to be made between monitoring systems, informing or giving recommendations to the driver, as well as controlling systems, supporting the driver in complex, monotonous or high dynamic tasks. The following sections give an overview of different systems, presented during the last two years.

### Keywords

Assistance Systems, Sensors, Automation, Closed Loop Control

## Einleitung

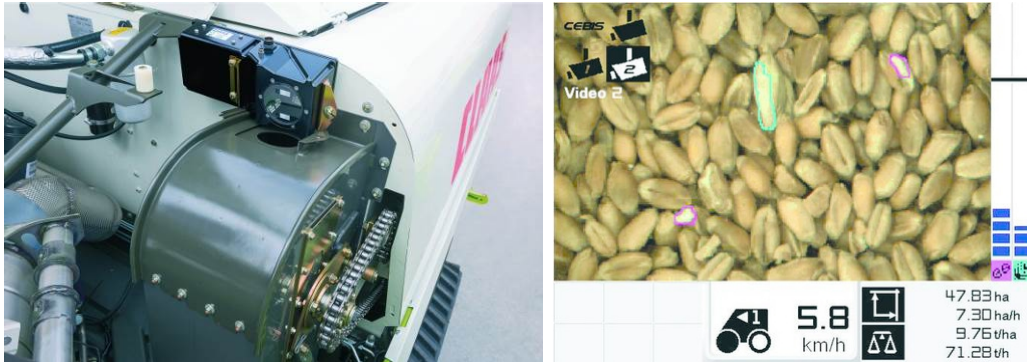
Die letzten Jahre waren bei den Landtechnikherstellern vor allem durch die Erfüllung der verschärften Abgasrichtlinien geprägt, was große Teile der Entwicklungskapazitäten gebunden hatte. Mittlerweile tritt wieder zunehmend der Bereich der Automatisierungs- und Assistenzsysteme in den Fokus der Entwickler. Ökonomische, ergonomische aber auch ökologische Aspekte sind hier die treibenden Faktoren. Daneben sollen die Systeme auch weniger versierten Fahrern mit entsprechend digitaler Unterstützung helfen, gute Arbeitsergebnisse während der zum Teil sehr kurzen Ernteperioden zu erzielen. Die Rolle des Maschinenführers verlagert sich daher immer stärker vom klassischen Arbeiter hin zu einem Manager, der die zunehmend automatisierten Arbeitsprozesse nur noch kontrolliert und Entscheidungen trifft. Bei den folgenden Beispielen für Assistenz- und Automatisierungslösungen wird zwischen informierenden Systemen, die die Arbeitsprozesse überwachen und Empfehlungen ausgeben sowie regelnden Systemen unterschieden, die die Prozesse selbsttätig anpassen und optimieren.

## Informierende Systeme

Ein Beispiel für ein informierendes System ist das im Jahr 2011 von der Firma Claas für Mähdrescher entwickelte CEMOS. Bei modernen Mähdreschern müssen vom Fahrer permanent über ein Dutzend Prozessgrößen beobachtet werden, um die mehr als 50 verschiedenen Maschinenparameter zur Einstellung der Arbeitsorgane anzupassen und somit eine optimale Arbeitsqualität zu erreichen. Da dies zum einen sehr viel Erfahrung vom Fahrer erfordert und über einen längeren Zeitraum anstrengend ist, liefert das CEMOS System auf Basis aktueller Sensordaten eine Empfehlung zur optimalen Maschineneinstellung. Der Fahrer kann anschließend selber entscheiden, ob er die Empfehlung annimmt oder die bisherigen Einstellungen beibehält. In einer weiteren Ausbaustufe kann das System die Einstellungen auch selbsttätig anpassen, ohne weiteren Fahrereingriff. Neben einer deutlichen Fahrerentlastung wird somit auch ungeübten Fahrern ermöglicht, gute Arbeitsergebnisse zu erzielen. Parallel zum CEMOS wurde von Claas vor zwei Jahren ein Online-Simulator für Mähdrescher vorgestellt. Mit solchen Systemen sollen die Fahrer bereits im Vorfeld der Erntekampagne unter virtuellen Bedingungen für die Arbeit auf dem Mähdrescher geschult und trainiert werden. Je nach eingestellten Umwelt- und Erntebedingungen bekommt der Nutzer simulierte Messdaten vom Arbeitsprozess und dem Erntegut angezeigt. Durch Änderung der Maschineneinstellungen ändern sich auch diese Messdaten und der Fahrer kann nachvollziehen, welche Einflüsse seine Änderungen auf den Arbeitsprozess haben und wie er das Arbeitsergebnis optimieren kann [1].

Ebenfalls als neues Assistenzsystem von Claas im Mähdrescher wurde eine Kamera zur Erfassung von Bruchkorn und Nichtkornbestandteilen präsentiert. Die "Grain Quality Camera", eine im Getreidestrom integrierte hochauflösende Kamera, erfasst zerbrochene Getreidekörner sowie Fremdpartikel und stellt die Ergebnisse dem Fahrer grafisch dar. Um die sich schnell bewegenden Körner scharf abbilden zu können sind kurze Verschlusszeiten der Kamera erforderlich. Daher wurde eine zusätzliche Belichtungseinheit mit in das Ge-

häuser integriert. Anstelle der bisherigen subjektiven Einschätzung mittels Blick in den Korntank können die Arbeitsorgane nun auf Basis objektiver Messdaten besser eingestellt werden als bisher [2].



**Bild 1:** Grain Quality Camera (links) und verarbeitetes Bild (rechts) [2]

**Figure 1:** Grain Quality Camera (left) and processed image (right) [2]

Von der Firma Kotte Landtechnik wurde unter dem Namen "Flow Check" ein System zur Prozessüberwachung präsentiert. Beim Gülleaustrag mittels Schleppschräufen kann es zu einer Verstopfung der Schläuche kommen, die bei der Gülleunterfußdüngung nicht direkt erkannt wird. Um die nötige Prozesssicherheit zu gewährleisten muss der Durchfluss in den Verteilschläuchen permanent überwacht werden. Dabei nutzt man den Umstand, dass die Schläuche beim Gülledurchfluss ein charakteristisches akustisches Spektrum emittieren, das von installierten Mikrofonen aufgezeichnet werden kann. Ändert sich dieses Signal infolge einer Verstopfung, so erkennt dies eine nachgeschaltete Auswerteeinheit und schlägt Alarm. Da das Verfahren berührungslos arbeitet, muss kein Sensor unmittelbar in den Flüssigkeitsstrom eingreifen [3].

## Regelnde Systeme

Neben den vorgestellten überwachenden und informierenden Assistenzsystemen gab es in den letzten Jahren auch eine Vielzahl von Neuentwicklungen bei den regelnden Systemen. Diese sollen den Fahrer in den Bereichen unterstützen, in denen der Prozess zu komplex, zu monoton oder zu schnell abläuft. Ein Beispiel dafür ist die Regelung der Austragsmenge für eine Feldspritze bei der Kurvenfahrt. Durch unterschiedliche Winkelgeschwindigkeiten bewegen sich die kurvenäußeren Düsen sehr viel schneller als die Kurveninneren. Daher wird der Sollwert an zu applizierendem Spritzmittel unter- bzw. überschritten. Daher muss jede Düse in Abhängigkeit ihrer Winkelgeschwindigkeit einzeln geregelt werden, um eine gleichmäßige Austragsmenge auf der Fläche zu erreichen. Unter dem Namen "Curve Control Application" wurde von der Firma Dammann eine solche automatisierte Teilbreitenschaltung für Feldspritzen vorgestellt. Mit Hilfe eines Drehratensensors und der aktuellen Fahrgeschwindigkeit kann die Winkelgeschwindigkeit für jeden Punkt entlang des Gestänges abgeleitet werden. Daraus wird in einem zweiten Schritt die erforderliche Austragsmenge berechnet und die Düsen werden adaptiv geregelt. Eine wesentlich gleichmäßigere Verteilung ist das Resultat [4].

Auch für eine aktive Schwingungstilgung des Spritzgestänges wurde im letzten Jahr unter dem Namen "Swingcut" ein neues System der Firma Lemken präsentiert. Die durch Wind, Bodenunebenheiten, Beschleunigen oder Kurvenfahrten auftretenden horizontalen Schwingungen des Gestänges werden mittels zwei 3D Time-Of-Flight Kameras erfasst. Auf Basis der erfassten Schwingungsfrequenzen werden die Bewegungen des Gestänges mittels aktiver elektro- bzw. magnetorheologischer Dämpfer im Bereich der Aufhängung gezielt getilgt [5].

Neben Assistenzsystemen für eine optimierte Verteilung von Spritzmitteln wurden ebenfalls neue Systeme zum verbesserten Austrag bei Düngerstreuern vorgestellt. Während das Streubild hier bislang manuell geprüft werden musste, verwendet die Firma Rauch beim "Axmat" vier Radarsensoren, die unabhängig von Staub und Witterung zyklisch das aktuelle Streubild erfassen. Diese Daten werden mit dem idealen Streubild verglichen und die Einstellungen des Düngerstreuers werden entsprechend adaptiv angepasst. Somit wird eine ideale Verteilung des Düngers gewährleistet [6].



**Bild 2:** Radarbasierte Regelung des Streubilds bei einem Düngerstreuer [6]

**Figure 2:** Radar based closed loop control for an optimized fertilizer distribution [6]

Auch für die adaptive Verteilung von Spreu und Stroh nach dem Häckselprozess bei einem Mähdrescher wurde im vergangenen Jahr von Claas eine Automatisierungslösung vorgestellt. Das Arbeitsergebnis des Radialverteilers am Mähdrescher wird signifikant vom Seitenwind und der Geländetopographie bestimmt. Bislang obliegt es dem Fahrer zu prüfen, ob das Material gleichmäßig verteilt wird oder ob die Wurfrichtung manuell angepasst werden muss. Bei dem neuen System sind zwei pendelnd aufgehängte Leitbleche an den Beleuchtungsarmen am Maschinenheck montiert. Diese werden sowohl durch den Seitenwind als auch durch die Hangneigung ausgelenkt. Über entsprechende Filteralgorithmen können Windböen oder kurzfristige Windabschattungen berücksichtigt werden. Auf Basis der Messwerte werden im Anschluss die Paddel am Radialverteiler angepasst, so dass das Stroh stärker gegen den Seitenwind bzw. Hangaufwärts geworfen wird. Durch die permanente Anpassung wird der Fahrer deutlich entlastet und ein besseres Arbeitsergebnis erzielt [1].





**Bild 3:** Adaptive Verteilung von Häckselgut und Spreu [1]

**Figure 3:** Adaptive distribution of chopped straw and chaff [1]

### Maschinenübergreifende Systeme

In der Vergangenheit wurden durch den Einsatz des ISOBUS vielfältige Systeme zur Automatisierung ermöglicht. Bislang greift der im Anbaugerät verbaute Jobrechner per ISOBUS auf die Einstellungen vom Terminal sowie die relevanten Fahrzeugdaten des Traktors, wie z.B. Fahrgeschwindigkeit oder Lenkwinkel zurück. Zukünftig soll das Anbaugerät jedoch auch in der Lage sein, diese Stellgrößen am Traktor gezielt zu beeinflussen, beispielsweise um die Fahrgeschwindigkeit oder die Fahrrichtung anzupassen. Für dieses als Tractor-Implement-Management (TIM) bezeichnete Verfahren wurden in den letzten Jahren die ersten Systeme präsentiert, wie z.B. eine Quaderballenpressen-Traktor-Kombination der Firma Claas. Durch eine Erfassung der Leistungsdaten an der Ballenpresse, wie beispielsweise der Pick-Up oder des Schneidrotors, kann die Auslastung der Presse bestimmt werden. Je nachdem ob maximale Qualität oder maximale Leistung gewünscht ist, wird die Fahrgeschwindigkeit des Traktors von der Presse geändert. Auch herstellerübergreifend könnten solche Systeme in Zukunft funktionieren. Dazu präsentierte die Firma Pöttinger einen Ladewagen in Kombination mit einem Traktor der Firma John Deere. Auch hier kann der Ladewagen die Geschwindigkeit des Traktors gezielt beeinflussen um ein optimales Arbeitsergebnis zu erzielen. Über zusätzliche Ultraschallsensoren an der Traktorfront kann die Schwadstärke frühzeitig erfasst werden, um genügend Reaktionszeit zum Beschleunigen und Verzögern vorzuhalten. Jedoch ist gerade bei Kombinationen von Geräten unterschiedlicher Hersteller die Haftungsfrage bei einem Versagen des Systems noch nicht abschließend geklärt, denn nicht immer lässt sich im Nachhinein rekonstruieren, welches Gerät zum Fehlerfall geführt hat [1; 7].





**Bild 4:** Intelligente Traktor-Ladewagen Kombination [7]

**Figure 4:** Intelligent Tractor-Loading Wagon Automation [7]

### Zusammenfassung

Die dargestellten Assistenz- und Automatisierungslösungen stellen nur einen kurzen Abriss der in den letzten Jahren neu entwickelten Systeme dar. Durch neuartige Sensoren, leistungsfähigere Rechner und bessere Algorithmen sind in den nächsten Jahren jedoch weiterhin große Zuwächse in diesem Bereich zu erwarten. Sollte diese Prozessautomatisierung weiterhin in dem Tempo voranschreiten wie es schon bei der automatischen Spurführung der Fall war und kann die erforderliche Sicherheit gewährleistet werden, dann ist es nur noch eine Frage der Zeit, bis die ersten fahrerlosen Maschinen die Felder bearbeiten [8; 10; 11].

## **Literatur**

- [1] CLAAS KGaA mbH: URL <http://www.claas.de/>. Harsewinkel, 05.01.2015.
- [2] Escher, M.; Krause, T.: Grain Quality Camera. In: Proceedings of the 4th International Conference on Machine Control and Guidance (MCG) 19th - 20th March 2014 - Technische Universität Braunschweig, Germany.  
URL: <http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00056119>.
- [3] Kotte Landtechnik GmbH & Co. KG: URL <http://www.garant-kotte.de/>. Rieste, 05.01.2015.
- [4] HERBERT DAMMANN GmbH: URL <http://www.dammann-technik.de/>. Buxtehude-Hedendorf, 05.01.2015.
- [5] LEMKEN GmbH & Co. KG: URL <http://lemken.com/>. Alpen, 05.01.2015.
- [6] Rauch Landmaschinenfabrik GmbH: URL <http://www.rauch.de/>. Sinzheim, 05.01.2015.
- [7] Alois Pöttinger Maschinenfabrik GmbH: URL <http://www.poettinger.at/>. Grieskirchen - Österreich, 05.01.2015.
- [8] Hertzberg, J.: Autonome Systeme in der Landwirtschaft. In: Tagungsband Vernetzte Landtechnik - Nutzen für die Betriebsführung; KTBL-Tagung 1-2.04.2014 in Potsdam, pp 57-63, KTBL Darmstadt
- [9] Bernardi, A., et. al.: Intelligente Wissenstechnologien für das öffentlich private Wissensmanagement im Agrarbereich - Schlussbericht iGreen (2014). [http://www.igreen-projekt.de/iGreen/fileadmin/Download/iGreen\\_Schlussbericht\\_Verbund\\_final.pdf](http://www.igreen-projekt.de/iGreen/fileadmin/Download/iGreen_Schlussbericht_Verbund_final.pdf), letzter Zugriff 05.01.2015
- [10] Albert, A.: Autonome Systeme in Haus und Hof / auf Feld und Straße. VDI-Arbeitskreis LANDTECHNIK in Köln, 09.12.2014,  
[http://www.f09.fh-koeln.de/imperia/md/content/ltre/forschung/publikationen/vortraege/vdi/vortrag\\_autonome\\_systeme\\_2014\\_bosch\\_albert.pdf](http://www.f09.fh-koeln.de/imperia/md/content/ltre/forschung/publikationen/vortraege/vdi/vortrag_autonome_systeme_2014_bosch_albert.pdf), letzter Zugriff 15.02.2015, Köln 2014
- [11] Reiter, H.: Vom Dieselross zum autonomen Traktor - Intelligente Assistenzsysteme für die Landtechnik, Fachtagung Automobilwoche 15.05.2014,  
<http://www.automobilwoche-konferenz.de/beitraege/pdf/reiter.pdf> , letzter Zugriff 15.02.2015, München 2014

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Wissenschaftliches Review / Scientific Review**

Erfolgreiches Review am 27.02.2015

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Robert, Markus: Assistenz- und Automatisierungslösungen. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2014. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2015. S. 1-8

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055044>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/178.html>

## Gesamtentwicklung Traktoren

Hermann Knechtges, Institut für Technik, Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen - Geislingen

Karl Theodor Renius, Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik, Technische Universität München

### Kurzfassung

Der Umsatz Traktoren aus deutscher Produktion stieg 2013 auf 4,1 Mrd. €, fiel 2014 wieder auf 3,5 Mrd. € ab. Neuentwicklungen wurden vor allem durch die anspruchsvolle Emissionsstufe EU IV bzw. U.S. Tier 4 final getrieben. Der sowieso große technische Aufwand für Motormaßnahmen (insbes. durch SCR) ermöglichte nochmals leicht verringerte Kraftstoffverbräuche (DLG Powermix). Stufenlose leistungsverzweigte Automatikgetriebe werden im gesamten Leistungsbereich angeboten. Die Integration der Geräte in das Gesamtmanagement (TIM) auf Basis ISO 11783 schreitet fort. Die hohen Investitionskosten für die Hauptkomponenten zwingen die größeren Hersteller zu Baukastensystemen und globalen Kooperationen. Elektrische Komponenten entwickelten sich dynamisch weiter, Einführungen für das System Traktor-Gerät blieben begrenzt.

### Schlüsselwörter

Traktor, Schlepper, Traktormarkt, Traktorenentwicklung, Emissionen, Automatisierung

## Agricultural Tractor Development

Hermann Knechtges, University of applied Sciences, Nürtingen - Geislingen

Karl Theodor Renius, Chair of Automotive Engineering, Technische Universität München

### Abstract

The German tractor production value increased in 2013 to 4.1 bn €, decreased however in 2014 to 3.5 bn €. Developments of new tractors have been strongly driven by the challenging emission control step EU IV resp. U.S. Tier 4 final. The anyway increased technical efforts for the engines (mainly by SCR) resulted in again slightly reduced practical fuel consumptions (DLG Powermix). Automatic power split CVTs are now available for all power ranges. Tractor-implement management (TIM) based on ISO 11783 gains further terrain. The high investment costs for the main tractor components force the larger manufacturers to develop modular systems and global co-operations. Electrical components show a strong trend of further improvements - introductions for tractor-implement systems remained limited.

### Keywords

tractor, farm tractor, tractor market, tractor development, emissions, automation.

## Marktsituation

Der Umsatz deutscher Traktorenhersteller (ohne Claas) stieg 2013 auf 4,1 Mrd. €, brach aber 2014 etwas ein auf 3,5 Mrd. €. Für 2014 sind noch nicht alle Zahlen verfügbar, **Tafel 1** [1; 2].

**Tafel 1:** Traktorengeschäft in Deutschland (Stückzahlen), ohne Geländefahrzeuge [1]

**Table 1:** Tractor business in Germany (units), without terrain vehicles [1]

Jahr/Year	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Produktion Production	51407	59236	54590	58623	60732	65507	46432	50865	60551	59213	63599
Neuzulassungen Newly registered	21866	22110	23492	29015	28451	31250	29464	28587	35977	36264	36248
Exporte Exports	42745	50206	44601	46372	49931	54235	36758	40769	47886	46301	49772
Besitzumschreib. Changing owner	74349	73954	74715	77211	84601	86719	87175	93084	96.597	110380	99468

Der deutsche Traktorenmarkt hat sich von dem Rekordniveau im Jahre 2013 (36.248 Neuzulassungen) auf 34.722 Einheiten in 2014 reduziert, eine leichte weitere Markabschwächung wird für 2015 erwartet. John Deere hält seit langem seine Führungsposition, **Tafel 2**. Fendt behält Platz 2 - AGCO liegt aber insgesamt (Fendt + MF + Valtra) leicht vor John Deere.

Same Deutz-Fahr (SDF) hielt sich auf gutem Niveau. Die CNH-Gruppe konnte sich mit 9,9 + 8,0 % deutlich verbessern. Claas und Kubota wurden über die Jahre starke Marken. Auf weiteren, hier nicht gelisteten Plätzen befinden sich (mit geringen Anteilen) auch weitere fernöstliche Hersteller.

**Tafel 2:** Marktanteile der größeren Anbieter bei den Traktoren-Neuzulassungen in Deutschland in % der Gesamtzulassungen [1]. Die Gesamtzahl in 2014 betrug 34 722 Einheiten

**Table 2:** Market shares of the major tractor suppliers in Germany in % of total registrations in units [1]. Total registrations in Germany for 2014 figured 34 722 units

Jahr/Year	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
John Deere	20,8	22,2	21,1	21,2	20,7	19,8	19,8	19,3	19,7	20,9	20,9	21,3	19,4
Fendt	17,7	17,9	17,4	16,8	16,0	17,1	17,2	17,2	16,5	15,9	16,5	17,3	17,0
Case IH+Steyr	13,3	11,7	10,8	8,8	9,1	9,4	10,0	9,6	9,1	8,0	10,1	7,7	9,9
Deutz-Fahr	7,9	9,1	9,7	10,1	10,7	11,5	11,5	10,6	10,8	10,8	10,9	10,5	9,6
Claas	-	-	4,5	5,9	5,5	6,8	6,6	7,8	7,3	8,2	6,8	8,0	7,7
New Holland	7,4	7,1	6,1	5,1	6,0	5,6	5,7	5,8	6,7	5,7	6,7	7,0	8,0
MF	4,5	4,5	4,0	4,2	4,4	4,5	4,5	4,0	3,7	4,1	5,0	4,2	4,3
Same	2,9	3,3	2,9	3,0	3,2	2,9	3,2	3,0	2,5	2,3	2,3	1,9	1,8
Kubota	2,1	2,2	3,1	3,0	3,3	3,2	2,8	3,3	4,5	5,2	3,7	5,0	5,0
Iseki	2,0	2,4	2,4	2,9	3,0	2,8	2,5	2,6	3,5	3,1	2,8	2,8	2,5
Valtra	2,2	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,8	1,5	1,9	2,1	2,1	2,0
Merc.-Benz	2,3	2,0	1,7	1,9	2,1	1,5	1,5	1,7	1,5	1,5	1,3	1,4	1,2

Der weltweite Landtechnik-Jahresumsatz wuchs in 2013 auf einen neuen Rekord von gut 96 Mrd. € [2]. Den Anteil für Traktoren schätzen die Verfasser auf 40 Mrd. €. Der Einbruch war z. B. in Frankreich von 2013 auf 2014 mit – 22 % besonders groß, während z. B. die USA noch leicht zulegten. Für 2014 und 2015 erwartet man insgesamt leichte Rückgänge.

Plattformprinzip und Baukastensysteme bleiben langfristige strategische Ziele mit vielen erkennbaren Fortschritten. Für globale Präsenz bilden selbst die großen Hersteller untereinander Kooperationen. So hat z. B. Claas im Leistungssegment von 56 bis 76 kW eine Kooperation mit Same Deutz-Fahr begonnen. CNH Industrial eröffnet gemeinsam mit seinem türkischen Partner Koç Holding ein zweites Werk in Erenler (Türkei). Auf Überkapazitäten bei der Traktorenproduktion in Europa weist [3] hin. Angesichts der steigenden Weltbevölkerung und der vielen noch untermechanisierten Länder bleibt die Agrartechnik aber bedeutender Schlüssel für die Zukunft [4 bis 6]. In Indien sind z. B. trotz großer Fortschritte noch immer 50 % aller arbeitenden Menschen in der Landwirtschaft beschäftigt [4; 7]. Demgegenüber lag z. B. die gleiche Zahl für Deutschland oder USA im Jahre 2010 bei nur noch 1,6 % [4].

### Übersichten, Entwicklungsgrundlagen, allgemeine Trends

Nachdem man die Motoremissionen von NO<sub>x</sub> und Partikeln bei Neutraktoren auf fast null reduziert hat, arbeitet die Industrie nun an einer Selbstverpflichtung zur Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen [8]. Die weitere Verbesserung der Energieeffizienz - insbesondere bei Traktoren - wird in [9] als eines von insgesamt 7 Grundzielen zukünftiger Entwicklungen gesehen. Als Vorleistung kann gelten, dass trotz der strengen Emissionsstufen die Kraftstoffverbräuche oft nochmals gesenkt wurden. Vom KIT-Institut MOBIMA erschien ein Begleitbuch zur Vorlesung "Mobile Arbeitsmaschinen" (mit Traktoren) [10]. Der VDMA hat mit dem Einheitsblatt 24583 [11] eine Grundlage für Co-Simulationen vorgelegt. Im Zuge der "drive-by-wire" - Betätigungen und ISOBUS-Einführungen wurden im Premiumbereich mehr und mehr Multifunktionsarmlehnen mit Display eingeführt, die mit dem Sitz mitschwingen. OECD-Volllastgeräuschpegel liegen inzwischen bei sehr guten Kabinen nur noch um 70 bis 75 dB(A). Die weltweite Strukturierung und Entwicklung von Traktorgetrieben wird in [12] dargelegt - mit einem Ausblick auch auf elektrische Fahrentriebe. In [13] findet man eine Rückschau auf die letzten Jahre der Firma Schlüter (mit Eurotrac). Der Ausbau von Produktionskapazitäten in Indien, China und Südamerika schreitet voran. CNH Industrial investierte 100 Mill. \$ in ein Werk im Nordosten Chinas (NH-Traktoren T6000 u. T7000). SDF baut in einem Joint Venture mit Changlin (China) Produktionskapazitäten von 30.000 p. a. Traktoren auf. Der Landtechnikhersteller Claas hat das chinesische Unternehmen Jinyee übernommen. Der Südkoreanische Traktorenhersteller LS MTRON errichtete in Brasilien ein Traktorenwerk (5.000 Traktoren p. a.). John Deere produziert die Modelle 7R und 8R jetzt auch in Brasilien.

### Traktorenteknik nach Herstellern

**John Deere** verabschiedet sich vom "nur-Diesel"-Konzept, um die Abgasstufe IV zu erfüllen, in der Leistungsklasse von 63 bis 104 kW sogar ohne Partikelfilter. Die drei 6R-Modelle 6175R/ 6195R/ 6215R wurden für 2015 erheblich überarbeitet - nun mit SCR-Katalysator, aktivem Partikelfilter, externer gekühlter Abgasrückführung und Oxydationskatalysator. Die

beiden Größten haben ferner einen zweiten Abgasturbolader (mit fester Geometrie). Dieser Aufwand ermöglicht sowohl einen sehr günstigen Verbrauch von Diesel als auch von Ad-Blue. Das wurde z. B. in [14] für das mit ähnlicher Schadgasminderungstechnik ausgestattete Modell 7310R e23, Stufe 4, nachgewiesen (Powermix: Diesel 248 g/kWh, Ad-Blue 9 g/kWh). Interessant ist auch die nun einheitliche Multifunktions Armlehne für die drei Reihen 6R, 7R und 8R. Die im letzten Bericht beschriebene neue Reihe 7R führte man 2014 ein, noch für Abgasstufe IIIB ("Nur Diesel"), aber schon mit dem neu entwickelten Automatikgetriebe e23 (siehe Beitrag Motoren und Getriebe bei Traktoren). Ein Testbericht zum 7290R bestätigt dem e23 indirekt gute Wirkungsgrade (Powermix: Diesel 265 g/kWh, Stufe 3B ohne SCR) [15], verdeutlicht aber auch das Kraftstoffeinsparpotential von Stufe 4 Motoren mit SCR. Die Umstellung von 7R und 8R auf Abgasstufe IV ist für 2015 vorgesehen. Die Reihe 8R soll 2015 auch das neue Getriebe e23 erhalten. Für die Knicklenkerbaureihe 9R stellte man Mitte 2014 mit dem 9RX einen Prototyp mit vier Bandlaufwerken vor. Die kleinen Kompakttraktoren der Serien 3000 und 4000 aus der Kooperation mit Yanmar (Japan) wurden durch die Baureihen 3000R und 4000R ersetzt.



**Bild 1:** Multifunktions-Armlehne CommandARM mit 10" Bildschirm von John Deere

**Figure 1:** Multifunctional armrest CommandARM with 10-Inch Display (John Deere)

**Fendt** (AGCO) zeigte 2014 die erheblich überarbeiteten 300er Vario (Serie ab 2015), die jetzt mit 4,4 l Motoren von AGCO Power arbeiten (zuvor Deutz). Abgasstufe 4 wird mit SCR, Oxycat und externer gekühlter Abgasrückführung erfüllt, auf einen Partikelfilter verzichtet man. Der neue taillierte Guss-Hilfsrahmen erlaubt einen größeren Radeinschlag, erhöht den Radstand um 7 cm auf 2,42 m und erleichtert so auch den Wechsel von der Quer- zur Längs-Federschwinge. Das Vario-Getriebe hat nach wie vor einen Fahrbereich (max. 40 km/h).

Erhebliche Überarbeitungen gab es auch bei den Baureihen 700/800/900 - insbesondere wegen der Erfüllung der EU Abgasstufe IV - nun erreicht durch SCR-Technik, passive Parti-



kelfilter und gekühlte externe Abgasrückführung. Testergebnisse des neuesten 828 Vario mit zweistufiger Aufladung und Wasser-Luft Zwischenkühlung weisen sehr günstige Kraftstoff- und AdBlue-Verbräuche aus (Powermix: Diesel 248 g/kWh, AdBlue 14 g/kWh) [16].

2014 stellte man die neue, obere Baureihe "1000 Vario" vor. Geplant sind 4 Typen mit 12,4 l MAN Motoren (ca. 280 bis 370 kW), neuem großen Vario-Fahrgetriebe, Breitreifen mit Luftdruckverstellung (710/60 R 38 vorne und 900/60 R 46 hinten), zwei unabhängigen Axialkolbenpumpen und 14 t Leergewicht mit aber relativ geringer Baubreite und sogar möglicher 60 Zoll-Spur für den Export. Ein Serienanlauf wird frühestens Ende 2015 erwartet.



**Bild 2:** Neue oberste Reihe Fendt 1000 (ca. 280 – 370 kW)

**Figure 2:** New top series Fendt 1000 (about 280 – 370 kW)

**Case IH** (CNH Industrial) stellte 2013 die überarbeiteten Magnum- und Quadtrac-Modelle vor. Auf der EIMA 2014 zeigte man mit dem Magnum 380 CVX Rowtrac eine Version mit Hinterachse-Bandlaufwerken (auch schmale Versionen für Reihenkulturen), wie man sie ähnlich auch 4-fach von den großen Quadtrac-Modellen kennt. Diese Lösung hat (auch hier) den Vorteil, dass man das herkömmliche Lenkkonzept beibehalten kann (siehe auch John Deere). Daher könnte sie weitere Hersteller anregen. Der Case IH Farmall U Pro (Nachfolger für CS-Reihe) ist etwa identisch mit dem Steyr Multi.

**Same Deutz-Fahr** präsentierte 2014 in der Leistungsklasse 55 bis 75 kW die Serie 5D (als Nachfolger für Agropius) und 5G (für Agrofarm). Bemerkenswert sind die von Same Deutz-Fahr neu entwickelten, in Indien produzierten "FARMotion" Dieselmotoren (3- und 4-Zyl.) sowie eine sehr große Bandbreite an Traktor-Ausstattungen. In modifizierter Form werden diese Traktoren von **Same** als die Modelle Dorade und Explorer, von **Lamborghini Trattori** als Spire und Strike und von **Claas** als Serie Atos angeboten. Die Serie 6TTV reicht mit dem



Deutz 4-Zylinder (4l) inklusive Boost bis 122 kW (nach 2000/25 EC). Sie hat mit der ZF-Getriebevariante T7200 CShift 4 Lastschaltstufen und 6 Fahrbereiche, die man nur noch mit dem Joystick auf der Armlehne schaltet. Der Wechsel der 6 Bereiche erfolgt servohydraulisch mit automatisierter Kupplungsbetätigung. Ein 7250TTV (mit ZF-Steyr S-Matic) wurde in [17] getestet. Auf der PotatoEurope 2014 zeigte man im 250 kW-Bereich die neuen Großtraktoren der Serie 9 (4 Typen) mit 7,8 l Deutz Doppelturbo-Motor, SCR-Technik, Partikelfilter (Euro IV) und stufenlosen 60 km/h-Varianten (ZF), Serie voraussichtlich 2015.

**Claas** hat für Anfang 2015 eine neue kompakte Mittelklasse-Generation "Arion 400" angekündigt (66/72/80/86/93/102 kW ECE-R120). Alle haben den 4-Zylinder-FPT-Motor (4,5 l) mit SCR-Kat (Stufe IV) und bekannter, aber verbesserter 4-fach-Lastschaltung (GIMA). Bei der PANORAMIC-Kabine ist die Frontscheibe direkt mit dem Dachflächenfenster verbunden, auf den Querholm wird zur Verbesserung der Sicht auf den Frontlader verzichtet.

Die auf der SIMA 2013 vorgestellten neuen Axion 800-Modelle wurden 2014 eingeführt, die Motoren umgestellt von DPS auf FPT (Stufe IV mit SCR und Oxycat, aber ohne Partikelfilter und AGR!). Ein Claas Axion 850 (Stufe IV) mit 6,7 l FPT-Motor erzielte mit einstufigem VTG-Lader im DLG "PowerMix" trotzdem hervorragende Verbrauchswerte: Diesel 248 g/kWh, AdBlue 22 g/kWh [18]. Überarbeitet hat man die Baureihe "Elios" (55/61/67/72 kW ECE-R 120), lieferbar Ende 2014. Der 4-Zylindermotor von FPT (3,4 l) arbeitet mit Abgasrückführung und Partikelfilter (Stufe IIIB). Aus der Kooperation mit Same Deutz-Fahr zeigte man auf der EIMA 2014 den "Atos" (Nachfolger des "Axos") - basierend auf der neuen 5G-er Reihe von Deutz-Fahr, **Bild 3**.



**Bild 3:** Neue Reihe Claas Atos (56/62/67/72/76 Nenn-kW ECE R 120), gemeinsame Komponenten mit neuer 5G-Reihe von Deutz-Fahr.

**Figure 3:** New series Claas Atos (56/62/67/72/76 Nenn-kW ECE R 120), common components with new Deutz Fahr series 5G.

**New Holland** (CNH) führte bei der oberen Baureihe T8000 ein neues leistungsverzweigtes CVT ein, das bereits kurz zuvor im Case IH Magnum weitgehend baugleich zum Einsatz kam [19] und mit 4 automatisch geschalteten Fahrbereichen arbeitet. Das auf der Agritechnica 2013 vorgestellte Projekt eines Methan-Traktors (ca. 100 kW) wird weiter verfolgt.

**Massey Ferguson** (AGCO) führte 2014 für das Traktorprojekt "Global" die neue Baureihe 4000 in Afrika und Nahost ein. Man entwickelte neue, einfache Traktoren um 40 bis 95 kW mit extrem großer disponierbarer technischer Bandbreite. Sie werden als Plattformvarianten in China montiert, stehen jedoch im Fertigungsverbund mit den Fabriken in Brasilien, Indien und der Türkei. Für den mitteleuropäischen Markt sind in Beauvais produzierte Kabinenmodelle vorgesehen. Sehr viel einfachere Versionen gibt es für Afrika [20].

Im oberen Leistungsbereich verwendet man GIMA-Getriebe und das Vario von Fendt. In [21] testete man einen MF 7615 in den drei angebotenen Getriebeausstattungen. Daraus ergibt sich erneut, dass vor allem reduzierte Motordrehzahlen Kraftstoff sparen.

**Valtra** hat seine T-Serie für 2015 durch eine neue Kabine aufgewertet. Die Konzern-eigenen Motoren von AGCO Power erfüllen Stufe 4 mit DOC und SCR-Technik, jedoch ohne Partikelfilter und Abgasrückführung. Ferner präsentierte man 2014 auf der Messe für Forsttechnik in München für die stufenlosen Modelle der N-Serie überraschend Varianten mit kombinierter Knick- und Achsschenkelenkung, wodurch sich besonders bei Frontladerarbeiten ein deutlich besseres Lenkverhalten ergibt, **Bild 4**. Das Verhältnis von Radeinschlag- und Knickwinkel sowie die Priorität einer Lenkungsart sind frei wählbar, jedoch wird bei höherer Fahrgeschwindigkeit automatisch nur Achsschenkelenkung benutzt.



**Bild 4:** Valtra N-Reihe mit kombinierter Knick- und Achsschenkelenkung

**Figure 4:** Valtra N-series with combination of articulated and Ackerman steering

**Kubota** hatte 2012 Kverneland übernommen und seinen Marktanteil bei Traktoren in Europa stetig erhöht. 2014 kündigte man die neue M7-Serie an (74/110/125 kW, Markteinführung geplant für 2015) [22]. Produziert werden sollen sie in einem neu errichteten Werk in Frankreich. Bemerkenswert ist an dieser nun größten Kubota-Traktorensérie der Motor mit dem für 4 Zylinder ungewöhnlich großen Hubvolumen von 6,1 l. Die Getriebe (erstmals mit einer leistungsverzweigten CVT-Variante) kommen von ZF und die gefederten Frontachsen von DANA.

Auch die übrigen Hersteller präsentierten Neuerungen. Zu erwähnen ist noch **Argo** mit den Marken **McCormick** und **Landini**, für die man auf der EIMA 2014 neue Modelle mit stufenlosen Getrieben vorstellte - im unteren Bereich mit einer Eigenentwicklung, darüber mit ZF.

### Besondere Bauarten

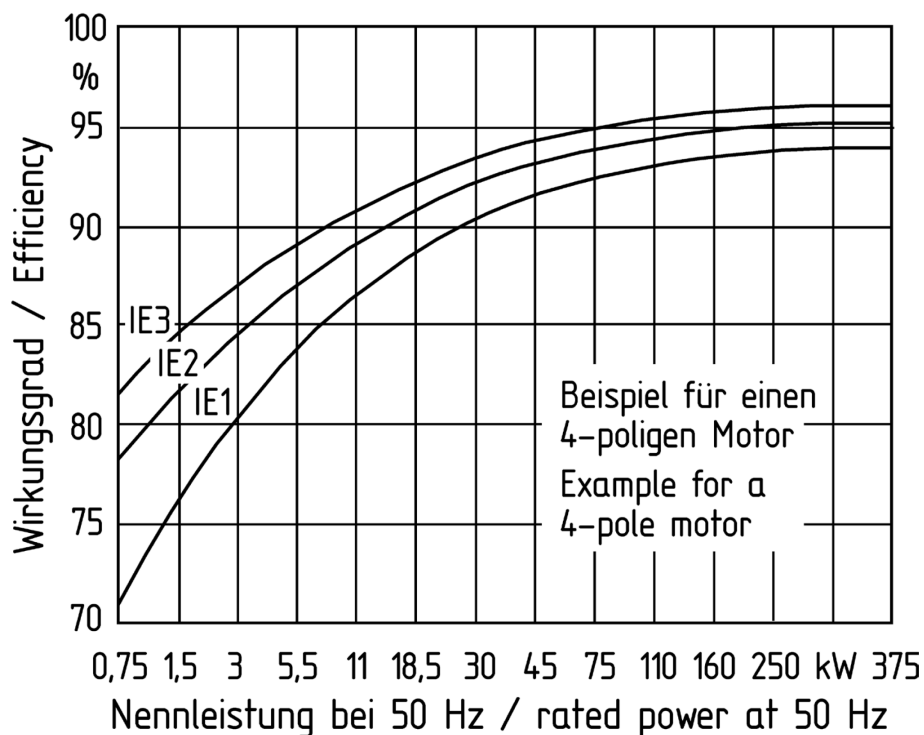
**JCB** kündigte für Anfang 2015 die neue, voll gefederte Baureihe Fastrac 4000 (als Nachfolger der 2000er) an. Drei Modelle um 175 kW mit gleich großen Reifen haben 6,6 l Motoren von AGCO Power und Fendt Vario-Getriebe. Die Erfüllung der Abgasstufe IV ist ohne Partikelfilter vorgesehen.

Der **UNIMOG** erhielt mit der Einführung von Euro 6 bei Nutzfahrzeugen (1.1.2014) Motoren mit umfassender Abgas-Nachbehandlung [23] - gleichzeitig führte man das Getriebe EasyDrive ein, das für Arbeitsgeschwindigkeiten bis 50 km/h (zusätzlich zum Synchronegetriebe) einen stufenlosen hydrostatischen Fahrtrieb beinhaltet.

**Merlo** präsentierte auf der EIMA einen Geräteträger (118 kW) mit Allradlenkung und hydrostatischem Fahrtrieb mit der Besonderheit eines Aufbauraums seitlich der Kabine.

### Traktor und Gerät

Die Dissertation [24] zeigt Alternativen zur energetisch optimalen Steuerung des komplexen Systems Traktor-Gerät mit Hilfe der "Observer-Controller"-Architektur aus dem Bereich "Organic Computing". Mit Hilfe von Modellen wird in [25] die Energie-Effizienz des Systems Traktor-Gerät untersucht. Elektrische Geräteantriebe versprechen vor allem wegen der geringen Übertragungsverluste und etwas besseren Regelbarkeit Vorteile gegenüber hydrostatischen Antrieben. Asynchronmotoren sind besonders robust und kostengünstig. Ihr inzwischen beachtlich hohes Wirkungsgradniveau ist z. B. aus der EG-Verordnung 640/2009 [26] ablesbar - mit den Effizienzklassen IE1 bis IE3 (nach IEC 60034-30:2008), **Bild 5**.



**Bild 5:** EG-Effizienzklassen für Asynchronmotoren für Nennleistung nach EG-Verordnung 640/2009 auf Basis der Norm IEC 60034-30:2008.

**Figure 5:** EG efficiency classes for asynchronous motors for rated power according to EG edict 640/2009 based on standard IEC 60034-30:2008 [Renius].

Die bisherigen Effizienzklassen EFF1, EFF2 und EFF3 der Europäischen E-Motoren-Hersteller hatten eine umgekehrte Zählweise [27].

Die Vision von langfristig rein elektrisch betriebenen Feldmaschinen durch ein Center-Pivot-Konzept wurde in [28] vorgetragen.

Weiterentwickelte Hilfen der ISOBUS-Anwendung (ISO 11783, 14 Teile) wurden in [29] aus der Sicht der AEF (Agricultural Industry Electronics Foundation) vorgelegt. Aus einem Bericht über die mechanische GPS-geführte Beikrautregulierung im Gemüsebau [30] ergibt sich, dass ein gesteuerter Querverschieberahmen am Heck des Traktors durch die zusätzliche Gerätefeineinstellung die Genauigkeit der Werkzeugführung nochmals verbessert.

Die in den Premiummärkten übliche Hubwerksregelung EHR ist in Schwellenländern wie z. B. Indien zu teuer. Dafür entwickelte Bosch jetzt eine stark vereinfachte Version [31].

Die üblichen Hydraulikkupplungen (Traktor-Gerät) nach ISO 7241-1, Serie A 1/2" waren ursprünglich für maximal 75 l/min ausgelegt. Heutige Ölströme liegen oft weit darüber. Ein neuer konstruktiver Ansatz mit Flachdichtung und größerem Durchlass wird in [32] vorgelegt. Auch das bisherige EU-Bremsenregelwerk (inkl. Anhänger) bedarf der Überarbeitung [33].

Die Firma NCTE (Unterhaching) bietet mit der Serie 7000 einen Drehmomentsensor für die Zapfwelle an, der auf Wunsch auch Drehzahl und Drehwinkel liefert.

## **Zusammenfassung**

Der Weltumsatz Traktoren betrug 2013 etwa 40 Mrd. €, der Umsatz aus deutscher Produktion stieg 2013 auf 4,1 Mrd. €. 2014 ging er auf 3,5 Mrd. € zurück, 2015 wird ein leichter weiterer Rückgang erwartet. Die Entwicklung neuer Traktoren wurde vor allem durch die Emissionsstufe EU IV bzw. U.S. Tier 4 final getrieben. Die weitere Einführung der SCR-Technik zusätzlich zu bisherigen Maßnahmen wie externe Abgasrückführung, Partikelfilter und Oxycat ermöglichte nochmals leicht verringerte Verbräuche. Zu deren praxisnaher Ermittlung hat sich der DLG-Test "Powermix" klar durchgesetzt. Stufenlose leistungsverzweigte Automatikgetriebe werden im gesamten Leistungsbereich angeboten. Erkennbar ist ein leichter Trend zu Einzel-Bandlaufwerken, bei denen man mit relativ geringen konstruktiven Anpassungen auskommt (insbes. für die Lenkung). Die Integration der Geräte in das Gesamtmanagement (TIM) auf Basis ISO 11783 schreitet fort. Multifunktions-Armlehnen (drive-by-wire) mit Bildschirm gewannen weiter an Bedeutung. Die hohen Investitionskosten für die Hauptkomponenten zwingen alle Hersteller zu globalen Baukastensystemen - sogar zu Kooperationen mit Wettbewerbern. Elektrische Komponenten entwickelten sich dynamisch weiter, Einführungen bei Traktoren blieben begrenzt.

## **Literatur**

- [1] -.-: Statistische Unterlagen des VDMA Fachverband Landtechnik, Frankfurt/M: VDMA, Febr. 2015.
- [2] Wiesendorfer, G., et al.: Wirtschaftsbericht VDMA Landtechnik 2014. Frankfurt/M.: VDMA 2014.
- [3] Knechtges, H. : Wer soll das alles kaufen? DLG-Mitteilungen 129 (2014) H. 9, S. 76-78.
- [4] Böttinger, S. et al.: Agricultural Development and Mechanization in 2013 - A Comparative Survey at a Global Level. CECE-CEMA Summit 16./17.10.2013, Brüssel.
- [5] Bodria, L. und K.Th. Renius: Agricultural Mechanization - its Role in the Development of Civilization. Key Note. Club of Bologna 25th meeting. Bologna: Nov. 15-16, 2014. <http://www.clubofbologna.org/documents.php>.
- [6] Ziauddin, A.T.M. und T. Zia: Present Status of Agricultural Mechanization in Bangladesh. AMA 45 (2014) H. 2, S. 30-39.
- [7] Mehta, C.R, N.S. Chandel und T. Senthilkumar: Status, Challenges and Strategies for Farm Mechanization in India. AMA 45 (2014) H. 4, S. 43-50.
- [8] Fleck, B. et al.: Der Weg zur freiwilligen Selbstverpflichtung der Europäischen Landtechnikindustrie zur Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen. Tagung LAND. TECHNIK Berlin 19./20.11.2014. In: VDI-Berichte 2226, S. 301-308. Düsseldorf: VDI-Verlag 2014.
- [9] Pichlmaier, B.: Strategien für mehr Energieeffizienz. Mobile Maschinen 7 (2014) H.5, S. 18-21.
- [10] Geimer, M. und C. Pohlandt: Grundlagen mobiler Arbeitsmaschinen. Karlsruher Schriftenreihe Fahrzeugsystemtechnik, Nr. 22. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing 2014.
- [11] Synek, P.-M.: Co-Simulation vereinfacht. VDMA Einheitsblatt 24583 beschreibt die standardisierte Vorgehensweise. O+P 58 (2014) H. 6, S. 36
- [12] Renius, K. Th.: Globale Getriebekonzepte für Traktoren (deutsch-englisch). ATZoff-highway 6 (2014) H. 2, S. 16-26 und 28-29.
- [13] Holtmann, W.: Der letzte Mohikaner. Profi 26 (2014) H.11, S. 154-156.
- [14] <http://www.dlg.org/johndeere.html>.
- [15] Wilmer, H.: Zurück zum Schalter?! Profi 26 (2014) H. 10, S. 12-18 und 20.
- [16] Wilmer, H.: Mehr Power mit Doppel-Turbo. Profi 26 (2014) H. 12, S. 20-28.
- [17] Wilmer, H.: Zu schön, um wahr zu sein? Profi 26 (2014) H. 9, S. 14-21.
- [18] Wilmer, H.: Klassenziel erreicht! Profi 27 (2015) H. 1 S. 12-19.
- [19] Wilmer, H.: Endlich auch stufenlos. Profi 26 (2014) H. 8 S. 44-46.
- [20] Bensing, T.: Ein Traktor von und für die Welt? Profi 26 (2014) H. 11, S. 40-41.
- [21] Wilmer, H.: Jedem sein MF. Profi 26 (2014) H. 5, S. 12-24
- [22] Wilmer, H.: Orange gibt Gas. Profi 26 (2014) H. 11, S. 34-36.

- [23] Heidrich, L. et al.: Der neue UNIMOG in Euro 6: Herausforderungen und Innovationen. Tagung LAND. TECHNIK Berlin 19./20.11.2014. In: VDI-Berichte 2226, S. 13-19. Düsseldorf: VDI-Verlag 2014.
- [24] Kautzmann, T.: Die mobile Arbeitsmaschine als komplexes System. Diss. Karlsruher Institut für Technologie (KIT) 2013. KIT Schriftenreihe Fahrzeugsystemtechnik, Nr. 23. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing 2014.
- [25] Lacour, S. et al.: A model to assess tractor operational efficiency from bench test data. J. of Terramechanics 54 (2014) S. 1-18.
- [26] Roosen, K. und R. Bublitz: Energieoptimierung von drehzahlvariablen Pumpsystemen. O+P 58 (2014) H. 7-8, S. 12-18.
- [27] Geimer, M. und K. Th. Renius: Motoren und Getriebe bei Traktoren. In: Frerichs, L. (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2012. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2012, S. 1-9. <http://www.jahrbuch-agrartechnik.de>.
- [28] Frerichs, L. und L. Thielke: Neue Konzepte der Energieversorgung landtechnischer Systeme. Tagung LAND. TECHNIK Berlin 19./20.11.2014. In: VDI-Berichte 2226, S. 315-323. Düsseldorf: VDI-Verlag 2014.
- [29] Ahlers, F. und H.J. Nissen: AEF ISOBUS Automation - Status and Progress Report. Tagung LAND. TECHNIK Berlin 19./20.11.2014. In: VDI-Berichte 2226, S. 391-398. Düsseldorf: VDI-Verlag 2014.
- [30] Schwarz, H.P. und D. Hege: GPS-gestützte Beikrautregulierung im Freilandgemüsebau. Landtechnik 69 (2014) H. 2, S. 68-71.
- [31] Dumont, T.: Technologiesprung für leichte Schlepper. Mobile Maschinen 76 (2014) H.2, S. 26-27.
- [32] Reitemann, G. und J. Wibner: Modulares hydraulisches Kupplungssystem für Traktoren. Tagung LAND. TECHNIK Berlin 19./20.11.2014. In: VDI-Berichte 2226, S. 7-11. Düsseldorf: VDI-Verlag 2014.
- [33] Entwicklung eines neuen zukunftsfähigen EU-Bremsenregelwerks für land- und forstwirtschaftliche Fahrzeuge. Tagung LAND. TECHNIK Berlin 19./20.11.2014. In: VDI-Berichte 2226, S. 423-431. Düsseldorf: VDI-Verlag 2014.

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Knechtges, Hermann; Renius, Karl Theodor: Gesamtentwicklung Traktoren. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2014. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2015. S. 1-13

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055047>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/181.html>



## **Motoren und Getriebe bei Traktoren**

Karl Theodor Renius, c/o Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik, Technische Universität München  
Marcus Geimer, Lehrstuhl für Mobile Arbeitsmaschinen, Karlsruher Institut für Technologie  
Roger Stirnimann, Berner Fachhochschule

### **Kurzfassung**

Bei Traktordieselmotoren etabliert sich die SCR-Technik zur Erfüllung der Abgasstufe IV ab 56 kW (Vorschriftensprung). Mit der Umsetzung dieser Stufe wurden die Motoren weiter optimiert, wobei man u. a. den AdBlue-Verbrauch reduzieren konnte. Stufenlose Getriebe sind weit verbreitet - ZF wurde hier zu einem bedeutenden weltweiten Zulieferer. John Deere brachte das neue automatische Volllastschaltgetriebe e23 in den Markt. Globale Entwicklungen modularer Baukastensysteme für Motoren und Getriebe gewinnen weiter an Bedeutung. Elektrische oder hybride Traktorfahrantriebe bleiben Gegenstand der Forschung. Die Verlustminimierung im gesamten Antriebsstrang bleibt ein wichtiges Ziel.

### **Schlüsselwörter**

Traktor, Dieselmotor, Emissionen, SCR, Getriebe, Lastschaltung, CVT, elektrische Antriebe

## **Tractor Engines and Transmission**

Karl Theodor Renius, c/o Chair of Automotive Technology, Technical University of Munich  
Marcus Geimer, Chair of Mobile Machines, Karlsruhe Institute of Technology  
Roger Stirnimann, Bern University of Applied Sciences

### **Abstract**

Above 56 kW, SCR technology is gaining basic importance for Diesel engines due to a step in regulations. Along with introducing EU step IV, engines have been further optimized offering amongst others a reduced AdBlue consumption. CVT's have broad acceptance - ZF has become here a worldwide important supplier. John Deere could launch the new automatic full power shift e23. Developments of modular engine and transmission systems for global use become again more important. Electric and hybrid drive systems remain in the research stage. Reduced losses of the drive line are still an important issue.

### **Keywords**

Tractor, Diesel engine, emissions, SCR, transmission, power shift, CVT, electric drives.

## Übersichten Antriebsstrang und Zapfwelle(n)

Während die drei großen Hersteller John Deere, CNH und AGCO ihre Motoren und Getriebe weitgehend aus eigenem Hause verwenden und damit hohe Wertschöpfungen erreichen, konnten sich auch kleinere Firmen trotz zugekaufter Hauptkomponenten am Markt gut positionieren. Das gilt zum Beispiel für Deutz-Fahr, Lindner, osteuropäische Hersteller und sogar für fernöstliche Firmen [1].

Erheblichen Anteil an diesem Trend hat neben den großen Motorenherstellern der weltweit aktive Zulieferer ZF, **Tafel 1** [2]. Alle hier aufgelisteten, aktuellen CVTs arbeiten mit primärer Kopplung (Summierung durch Planetengetriebe), relativ kleinen Hydrostaten (Back-to-back-Bauweise) und Lastschalt-Wendegetrieben. Die größeren CVT's haben Hydromotoren in Schrägachse-Bauweise (konstant 40°), die einen etwas besseren Wirkungsgrad bieten.

**Tafel 1:** Stufenlose, leistungsverzweigte Traktorgetriebe von ZF mit Einbaubeispielen und Jahr des Serienanlaufes der betreffenden Traktoren. Status 2014/15. Traktor-Produktionsländer in Klammern

**Table 1:** Infinitely variable power split tractor transmissions from ZF as used in tractors - with years of related tractor series start-ups. Countries of tractor production in brackets

Getriebetyp Transmission type	Einbaubeispiel Use in tractor(s)	Jahr Year	V/R F./R.	Pumpe/Motor Pump/Motor
TERRAMATIC TMT09	Lindner (AT): Lintrac 90	2014	2/1	45/45 cm <sup>3</sup>
TERRAMATIC TMT11	in Planung / in planning	-	2/1	45/45 cm <sup>3</sup>
TERRAMATIC TMT14	in Planung / in planning	-	4/4	28/28 cm <sup>3</sup>
TERRAMATIC TMT16	Kubota (FR): Serie M7001	2015	4/4	45/45 cm <sup>3</sup>
TERRAMATIC TMT18	Argo (IT): McCormick X7 VT	2015	4/4	45/45 cm <sup>3</sup>
TERRAMATIC TMG25	Claas (FR): Axion 810/830	2014	4/4	45/45 cm <sup>3</sup>
TERRAMATIC TMG28	Claas (FR): Axion 850	2014	4/4	65/56 cm <sup>3</sup> *
TERRAMATIC TMT32	Deutz-Fahr (DE): Serie 9 TTV	2015	4/4	65/56 cm <sup>3</sup> *
TERRAMATIC TMG45	Deutz-Fahr (DE): Serie 11 TTV	2016	4/4	110/90 cm <sup>3</sup> *
ECCOM 1.3	Deutz-Fahr (DE): Serie 6 TTV	2013	4/4	28/28 cm <sup>3</sup>
	TYM (KR): TX 1500	2013		
ECCOM 1.5	Deutz-Fahr (DE): Serie 6 TTV	2013	4/4	40/40 cm <sup>3</sup>
ECCOM 1.5	John Deere (DE/US): 6110R - 6135R	2015	4/4	28/28 cm <sup>3</sup>
ECCOM 1.8	John Deere (DE/US): 6145R - 6155R	2015	4/4	45/45 cm <sup>3</sup>
ECCOM 2.0	John Deere (DE/US): 6175R - 6195R	2014	4/4	45/45 cm <sup>3</sup>
ECCOM 2.4	John Deere (DE/US): 6215R	2014	4/4	45/45 cm <sup>3</sup>
S-MATIC 240	Deutz-Fahr (DE): Serie 7 TTV	2012	4/4	75/75 cm <sup>3</sup>
ECCOM 3.0	Claas (FR): Axion 900	2012	4/4	85/85 cm <sup>3</sup>
ECCOM 4.5	Claas (DE): Xerion 4000 - 5000	2014	4/4	110/90 cm <sup>3</sup> *
ECCOM 5.0	Terrion (RU): ATM 7000	2011	4/4	110/90 cm <sup>3</sup> *
	Claas Xerion (DE): 4000 - 5000	2014		

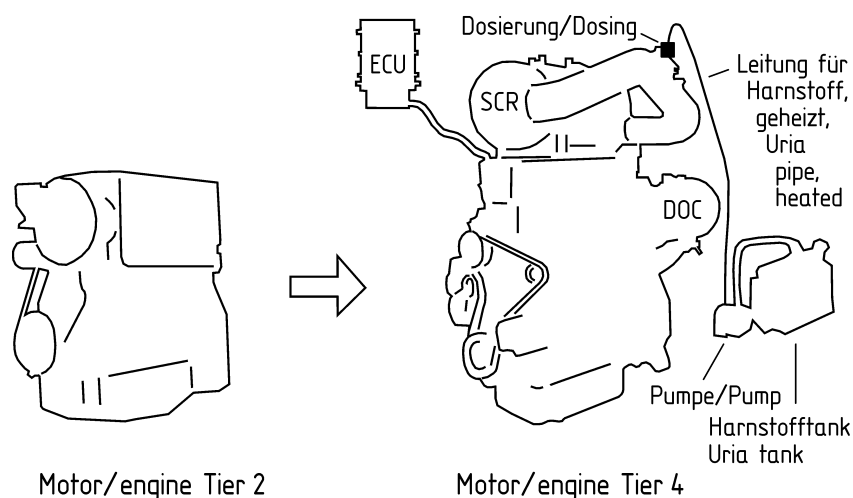
Alle Hydroeinheiten in Schrägscheibenbauweise, nur hier \*) Hydromotoren in Schrägachsenbauweise

Die globale Vielfalt von Traktorgetrieben - von sehr einfach bis sehr komplex - wurde in [3] an Hand von 5 Technologiestufen strukturiert und mit aktuellen Beispielen veranschaulicht.

## Dieselmotoren

Die Umsetzung der europäischen Abgasvorschriften hält an: Stufe IV (56-560 kW) wurde ab 2014 wirksam. Der technische Aufwand ist beträchtlich (**Bild 1**). Durch den gleichzeitigen Einsatz verschiedener Maßnahmen zur Reduktion der Stickoxide und Partikel können die Motoren weiter optimiert und der Verbrauch von AdBlue (Harnstoff) reduziert werden.

Die EU-Kommission hat ihren Vorschlag zu einer Abgasstufe V vorgestellt, die schrittweise für die verschiedenen Motorleistungsklassen ab 2019 eingeführt werden soll. Für Dieselmotoren zwischen 19 und 560 kW soll ein einziger, niedriger Grenzwert für Partikelmasse und -anzahl festgelegt werden, was aus heutiger Sicht einen Partikelfilter erforderlich macht. Ferner sollen Traktoren mit Nennleistungen bis 19 kW und über 560 kW einbezogen werden.



**Bild 1:** Zusatzaufwand durch Abgasnachbehandlung mit DOC und SCR (noch ohne DPF). Nach [4]  
**Figure 1:** Additional equipment for emission treatment by DOC and SCR (still without PDF). After [4]

Wegen der nach Leistung gestaffelten Emissionsgrenzen wurde der Motorenmarkt bis 56 kW belebt, weil man hier mit einfacher Abgasnachbehandlung (ohne SCR) auskommt. Darüber setzt sich SCR-Technik weiter durch [5]. Während viele Motorfirmen dabei zusätzliche Maßnahmen wie AGR, DOC und DPF einsetzen, hat Liebherr angekündigt, allein mit SCR und innermotorischen Maßnahmen auszukommen [6]. Die Abgasnachbehandlungssysteme werden weiter verbessert, z.B. durch Optimierung der SCR-Technik [7], Aufbau eines Baukastensystems [8] oder Kostenreduktion durch Systemoptimierung [9].

Gleichzeitig plant man für weniger anspruchsvolle Märkte mit dem gleichen Grundmotor kostengünstigere Versionen im Sinne der in [10] dargelegten Strategie von global angepassten Technologiestufen.

Die Scheu vor besserer Nutzung des Leistungspotenzials von 4-Zylindermotoren nimmt weiter ab, man nähert sich langsam den hohen Mitteldrücken aufgeladener 6-Zylindermotoren.

Brennraum-Spitzendrücke um 200 bar und mögliche Kraftstoffeinsparungen haben bei Nutzfahrzeugen teilweise zum Übergang auf Stahlkolben geführt [11], die man auch für Traktoren überlegt.

Langzeiterfahrungen mit Pflanzenöl-Traktoren wurden in [12] mitgeteilt. Dabei entstehende Herausforderungen an die Abgasnachbehandlung entsprechend EU-Stufe IV werden in [13] behandelt. Ein Schweizer Bericht aus dem Institut Agroscope [14] schlägt einen neuen Testzyklus vor, der weniger stark dynamisch ist als der derzeitige NRTC-Zyklus.

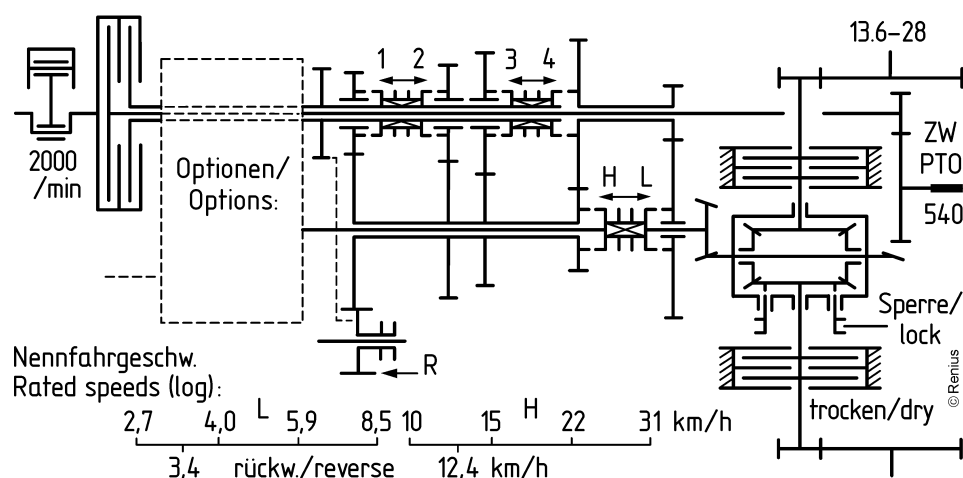
Die Potentiale alternativer Kraftstoffe, wie z.B. Methan oder Biomethan, werden in [15] diskutiert. [16] und [17] zeigen grundsätzliche Wege zu einer nachhaltigen Energieversorgung von mobilen Arbeitsmaschinen auf.

Aus dem Verbundprojekt TEAM (Energiesparende Antriebe mobiler Arbeitsmaschinen) wurden Ergebnisse der unterschiedlichen Teilprojekte in einer Serie veröffentlicht [18 bis 21]. Die Publikation [20] zeigt Verbrauchsvorteile auf, wenn man die Drehzahlspannweite des Dieselmotors deutlich reduziert. Das wurde schon früher vorgeschlagen - leider wird der Motor dadurch spezifisch, d. h. je kW Nennleistung, teurer.

### Gestufte Fahrtriebe

Die weltweite Bandbreite ist hier besonders groß, reicht vom einfachen, handgeschalteten 8-Ganggetriebe bis zu unter Last schaltbaren Automatikgetrieben mit etwa 20 Stufen [3].

Zunächst sei zum unteren Technologiebereich ein Getriebe von Carraro gezeigt, das man seit 2011 für CNH in Indien produziert (**Bild 2**).



**Bild 2:** Carraro-Getriebe 8/2 für CNH/Indien, Version T3-0 basic (2011). Eingangsleistung bis 25 kW.

Optionen: Synchronisierte V-R-Schaltung, synchronisierte Hi-Lo Splitgruppe, Ausgang Allradantrieb

**Figure 2:** Cararo transmission for CNH/India, version T3-0 basic (2011). Input power up to 25 kW.

Options: Synchronized forward-reverse shuttle, synchronized Hi-Lo-split shift, four wheel drive output

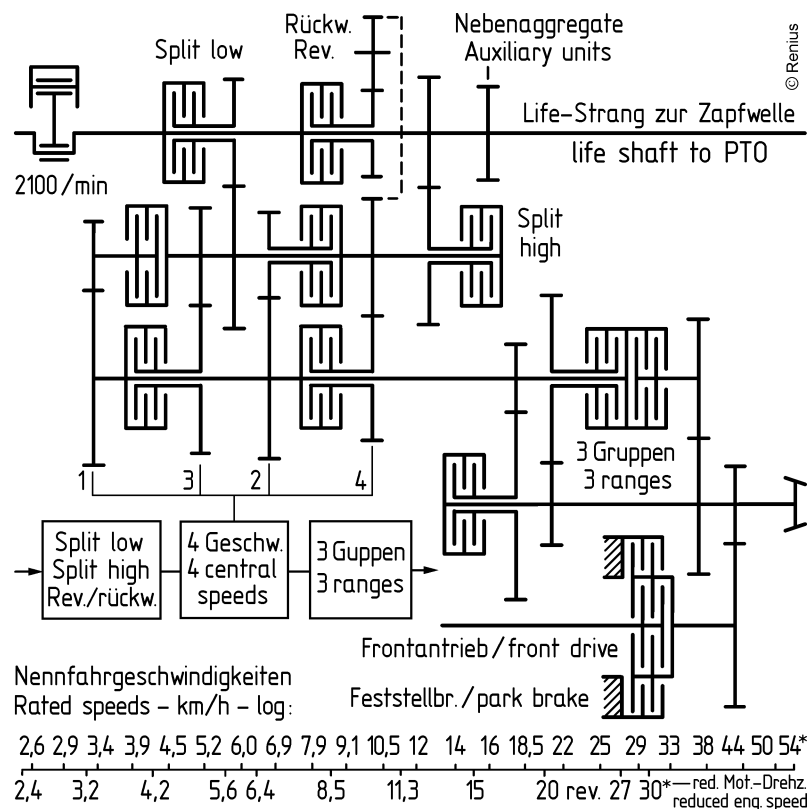
Der technische Stand entspricht nach [3] etwa der Technologiestufe II mit Optionen in Richtung III. Bemerkenswert ist an diesem Getriebe die Realisierung von 8 Vorwärtsgängen mit nur 5 Radpaaren. Ein ähnliches Konzept hat John Deere seit 2010 für Traktoren in Indien.

8 Vorwärtsgänge mit 5 Radpaaren gelten im Traktorenbau als sehr kostengünstige Lösung. Dieses wird z. B. dadurch belegt, dass KHD (Deutz) von 1966 bis 1981 mit dem TW 50 ein

ähnliches Konzept erfolgreich in sehr großen Stückzahlen produzierte [22]. Dieses KHD-Getriebe hatte den Rücklauf bereits als Gruppe.

Am oberen Ende der Technologieskala führte John Deere 2014 sein neues automatisches Volllastschaltgetriebe e23 (23/11) ein, das schon im letzten Jahrbuch erwähnt wurde, zunächst für die Baureihen 7R (**Bild 3**), geplant für die Traktoren 8R in 2015. Während das bewährte Vorgängergetriebe 16/5 eine deutliche Verdichtung der Stufung im Hauptarbeitsbereich aufwies [23], hat das neue Konzept nun eine durchgehend feine Stufung mit vor allem verbesserten Transportgeschwindigkeiten und der Möglichkeit, Maximalgeschwindigkeiten bei reduzierter Motordrehzahl darzustellen. Die Struktur bietet an sich sogar 24/12 Stufen - ein Gang bleibt wegen besserer Schaltbarkeit ungenutzt [24].

Bereits 2012 hatte auch CNH Industrial ein wesentlich weiter entwickeltes, voll lastschaltbares 19/4-Automatikgetriebe eingeführt, das in [25] bereits besprochen wurde.



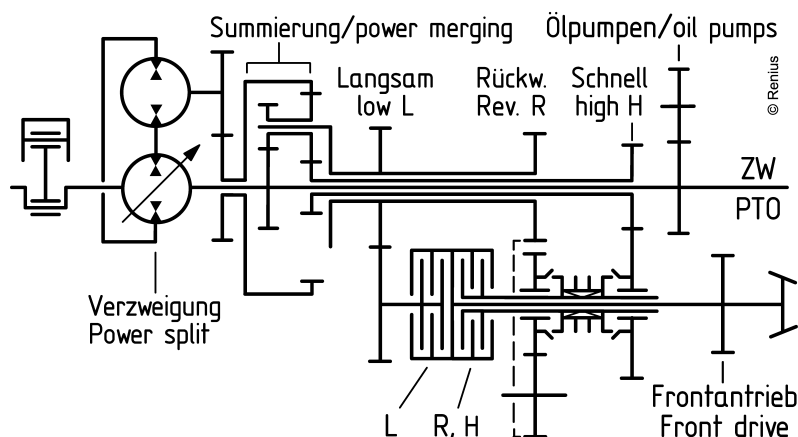
**Bild 3:** Neues Voll-Lastschaltgetriebe e23 (23/11) von John Deere für Baureihen 7R und 8R (2014/15). Dargestellte Version gilt für 7R.

**Figure 3:** New full power shift transmission e23 (23/11) from John Deere für models 7R and 8R (2014/15). Presented version installed for 7R

### Hydrostatisch-stufenlose Fahrtriebe

Case IH und New Holland haben für stufenlose Getriebe einen gemeinsamen Baukasten entwickelt: für Maxxum und T6 - PUMA und T7 - Magnum und T8 [26].

Das CVT des Puma bzw. T7 mit Fahrbereichen nach dem Doppelkupplungsprinzip war in [25] bereits beschrieben worden. Für die darunter angesiedelten Baureihen Case IH Maxxum und NH T6 sowie für untere Typen der NH-Baureihe T7 wurde ein ähnliches, aber etwas einfacheres Konzept entwickelt (**Bild 4**). Die wieder primär gekoppelte, aber kompaktere leistungsverzweigte CVT-Einheit ist mit 2V/1R (statt 4V/2R) Fahrbereichen kombiniert. Dabei wird zwischen L (langsam) und H (schnell) im Synchronpunkt automatisch unter Last geschaltet. Mit Hilfe der Doppelkupplung kann man ferner unter Last reversieren - und zwar zwischen den Bereichen L (vorwärts) und R (rückwärts).



**Bild 4:** Leistungsverzweigtes stufenloses Getriebe nach dem Doppelkupplungsprinzip von CNH Industrial für Baureihe Case IH Maxxum, New Holland T6 und untere Typen T7 (2013)

**Figure 4:** Power split CVT using double clutch principle from CNH Industrial for the models Case IH Maxxum, New Holland T6 and lower models T7 (2013)

Fendt (AGCO) entwickelte für die 2014 präsentierte neue obere Baureihe 1000 (siehe Jahrbuchbeitrag Gesamtentwicklung Traktoren) ein völlig neues, großes Vario-Getriebe, über das aber noch keine Details verfügbar sind.

ARGO kündigte auf der EIMA 2014 ein neues leistungsverzweigtes Stufenlosgetriebe für die McCormick-Baureihe X6 an. Entwickelt wurde dieses in Zusammenarbeit mit der österreichischen Firma VDS, gebaut werden soll es ab 2015 bei ARGO in Italien. Konzeptbasis ist die gestreckte Ausführung der VDS-Grundstruktur VTP 1RH2F, bei welcher eine Back-to-back-Hydrostateinheit von Bosch-Rexroth zur Anwendung kommt (45/45 ccm). Dieses Getriebe weist drei Fahrbereiche vorwärts und zwei rückwärts auf. Im ersten reversierbaren Fahrbereich (V/R) ist der Antrieb direkt hydrostatisch. Die Umschaltung auf den zweiten, leistungsverzweigten Fahrbereich erfolgt automatisch im Synchronpunkt. Für die Vorwärtsfahrt steht noch ein dritter, ebenfalls leistungsverzweigter Bereich zur Verfügung.

Reform hat für den Transporter Muli T10 X das hydromechanische Getriebe HybridShift vorgestellt (geplanter Serienstart 2015). An das bestehende 2x4-Schaltgetriebe werden eine Hydropumpe und ein Hydromotor angebaut. Im mechanischen Modus sind die Hydraulikkomponenten vom Antriebsstrang getrennt, man fährt dann rein mechanisch. Nach einem Wechsel in den hydrostatischen Modus wird die Getriebeeingangswelle stufenlos über die Hydrostateinheit angetrieben, woraus sich ein direkter hydrostatischer Antrieb mit acht Fahr-

stufen ergibt. Ein ähnliches Konzept wurde bereits auf der Agritechnica 2013 von Mercedes-Benz mit dem EasyDrive-Getriebe für den Unimog in Euro-6-Ausführung präsentiert [27].

Ebenfalls zur Agritechnica 2013 wurde von Sauer Bibus ein Prototyp-Getriebe für den Gross-Geräteträger VT5518 von Vredo vorgestellt. Dieses leistungsverzweigte Stufenlosgetriebe weist eine ausgangsgekoppelte Grundstruktur mit zwei Fahrbereichen auf. Sie werden automatisch gewechselt, die synchronen Drehzahlen an den entsprechenden Getriebewellen werden durch Anpassung der Schwenkwinkel bei Hydropumpe und -motor erreicht [28].

Leistungsverzweigte Fahrtriebe wurden inzwischen auch für Baumaschinen entwickelt - vor allem für Radlader. Bosch Rexroth und DANA (Italien) stellten in [29] mit dem "HVT" ein Konzept vor, das (zum guten Reversieren) einen ersten direkten hydrostatischen Fahrbereich hat (mit 2 Verstelleinheiten), an den sich zwei weitere leistungsverzweigte Bereiche anschließen (primär gekoppelt).

Ein etwas aufwändigeres Konzept gleicher Zielrichtung hat Liebherr (Biberach) in [30] für Baumaschinen präsentiert - auch mit einem ersten hydrostatischen Fahrbereich, aber drei weiteren leistungsverzweigten Bereichen (auch primär gekoppelt). Man hat 3 Verstelleinheiten, kommt dafür aber mit nur 2 Kupplungen und einer Bremse aus.

Ein sekundär gekoppelter leistungsverzweigter Hybrid-Fahrtrieb mit 30l Hochdruck-Speicher wurde für ein SUV (Geländewagen, 110 kW) in [31] simuliert - mit Vorteilen im Kraftstoffverbrauch beim Vergleich mit einem 6-Gang-Stufengetriebe.

Fahrtriebe mit Leistungsverzweigung werden zum Beispiel auch in Motorrädern von Honda verbaut.

### **Stufenlose sonstige und hybride Systeme**

Toyota hat angekündigt, 2015 mit der Serienproduktion einer Oberklasselimousine zu beginnen, die über Brennstoffzellen angetrieben wird (zunächst nur für Japan). Man plant, ab 2020 Brennstoffzellenautos in fünfstelliger Jahresproduktion zu bauen [32].

DANA hat mit dem VariGlide ein mechanisches CVT vorgestellt, das mit verstellbaren Planetenkugeln zwischen zwei Reibringen arbeitet (Zusammenarbeit mit Fallbrook Technologies, Serie angepeilt für 2018).

Auf der Hannover Messe 2014 stellte die niederländische Firma Elsto ihren Schlepper "Multi Tool Trac" als Studie vor. Er kann einige Zeit emissionsfrei rein elektrisch fahren. Vier gleich große Räder werden von je einem Elektromotor (22 kW nominal) bzw. 44 kW (maximal) angetrieben. Zusätzlich zur Batterie (bis 30 kWh) hat das Fahrzeug einen 140 kW-Dieselmotor mit Generator.

Im Forschungsverbund TEAM (Bundesförderung) wurde u. a. für einen 700er Fendt Traktor ein elektrischer Frontantrieb entwickelt [33]. Einem sehr hochdrehenden PMSM-Motor (bis 22.500/min) ist ein Dreigang-Planetengetriebe nachgeordnet - alles radnah im Achskopf. Frontladen (mit wesentlich höheren Drehmomenten) wurde bei der Studie nicht abgedeckt, hat allerdings in dieser Leistungsklasse nur mäßige Bedeutung.

In [26] wurde u. a. ein Wirkungsgradkennfeld für einen größeren, sehr guten E-Motor incl. Leistungselektronik gezeigt - beeindruckend gut. Energetisch verbesserte Asynchronmaschinen werden in einer neuen EG-Verordnung gefordert (siehe Jahrbuchbeitrag Gesamtentwicklung Traktoren). Kennfelder von 45°-Schrägachse-Axialkolbenmaschinen können allerdings vergleichsweise gut mithalten [34].

### **Entwicklungswerkzeuge und konstruktive Grundlagen**

An Simulationswerkzeugen für Antriebe wird nach wie vor intensiv geforscht. In [35] wird eine Auslegungsmethodik für elektrische Antriebe am Beispiel eines Pkws diskutiert, in [36] werden Modelle zur Simulation des temperaturabhängigen Verlustverhaltens elektrischer Antriebskomponenten vorgestellt. [37] zeigt interessante Berechnungsergebnisse für die Verlustanteile und den Gesamtwirkungsgrad eines leistungsverzweigten ZF-Getriebes - auch mit Messwerten für den Wirkungsgrad.

Die elektromagnetische Schaltung des Doppelkupplungsgetriebes von John Deere wurde in [38] beschrieben - die relativ großen Magneten erzeugen Kräfte im kN-Bereich, benötigen für die Synchronisationsphase hohe Ströme um 60 A, verbrauchen aber im Vergleich zu hydrostatischen Aktoren beim Schalten nur für sehr kurze Zeit Energie.

Grundlagen zur Auslegung und Simulation von Schmiersystemen stufenloser Getriebe wurden in [39] vorgelegt. Der Beitrag [40] widmet sich dem grundlegenden Betriebsverhalten und der Optimierung von Karbon-Synchronringen. Wenn in Treibachsen der Platz (axial) knapp ist, kann die Verwendung eines Stirnrad-Differenzialgetriebes überlegt werden [41].

### **Zusammenfassung**

Die Stufe IV der europäischen Abgasvorschriften wurde ab 2014 wirksam, ein Vorschlag zur Stufe V wurde vorgestellt. Im Zuge der Umsetzung der neuen Abgasvorschriften hat man die Motoren und die Abgasnachbehandlung auch bei Stufe IV weiter optimiert, so dass z. B. der AdBlue-Verbrauch reduziert werden konnte.

Gezeigte Getriebepläne betreffen ein von Carraro in Indien produziertes, gestuftes Fahrgetriebe, das neue Volllastschaltgetriebe e23 von John Deere und ein neues CVT von CNH. Hydrostatisch stufenlose Fahrtriebe wandern zunehmend auch in den unteren Leistungsbereich von Traktoren hinein. ZF wurde hier zu einem weltweiten Zulieferer. Auch bei Kommunalfahrzeugen und Baumaschinen nehmen hydrostatisch stufenlose Fahrtriebe zu - weitere Einführungen von Konzepten mit Leistungsverzweigung werden erwartet.

Elektrische Fahrtriebe bleiben im Forschungsstadium, auch Brennstoffzellen sind trotz der Ankündigungen von Toyota (für Pkw) bei Traktoren vorerst nicht zu erwarten. Interessante punktuelle elektrische Anwendungen gelten aber z. B. der Schaltung eines automatischen Stufengetriebes oder ausgewählten Hilfsaggregaten. Durch Forschungsarbeiten vorbereitete Simulationswerkzeuge setzen sich in der Antriebstechnik weiter durch - zur Beurteilung alternativer Konzepte sowie zur Verringerung der Energieverluste bestehender Antriebe.



## **Literatur**

- [1] Wilmer, H.: Stufenlose 150 PS aus Korea. profi 26 (2014) H. 4, S. 34-35.
- [2] -.-: Abstimmungen mit der ZF, Zahnradfabrik Friedrichshafen AG, Stand Januar 2015.
- [3] Renius, K.Th.: Globale Getriebekonzepte für Traktoren (zweisprachig/bilingual deutsch-englisch). ATZoffhighway 6 (2014) H. 2, S. 16-26 u. 28-29.
- [4] Akbarian, T.: System integration and presentation of optimised drive solutions with diesel engines in the Tier 4 emission level. 9. International Fluid Power Conf. 24.-26.03.2014 Aachen. Proceed. Vol. III, S. 50-61.
- [5] Renius, K.Th. und Geimer, M.: Motoren und Getriebe bei Traktoren.  
In: Frerichs, L. (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2013 Braunschweig: Inst. f. mobile Maschinen u. Nutzfahrz. 2013 S. 1-12. <http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00000046>.
- [6] Ellensohn, R.: Einer für alle - Liebherr Verbrennungsmotoren mit eigener Abgasnachbehandlung. Mobile Maschinen 7 (2014) H. 2, S. 13-15.
- [7] Hein, E.; Palmer, G. und Lang, A.: Kompakte SCR-Mischsysteme für Heavy-Duty-Applikationen. ATZoffhighway 6 (2014) H. 3, S. 6-15.
- [8] Rosefort, Y. et al.: Kostenoptimierte Abgasnachbehandlung für Offroad-Motoren. ATZoffhighway 6 (2014) H. 3, S. 22-30.
- [9] Schmidt, J. et al.: Modulare Abgasnachbehandlung. ATZoffhighway 6 (2014) H. 3, S. 34-40.
- [10] Renius, K.Th. und Dreher, T.: Klassenunterschiede. Traktor-Dieselmotoren: Die weltweite Vielfalt und deren Strukturierung in fünf Technologiestufen. Mobile Maschinen 2 (2009) H. 4, S. 30-33.
- [11] Wolf, A.: Stahl überholt Aluminium. lastauto omnibus 91 (2014) H. 10, S. 38-41
- [12] Thuneke, K.; Ettl, J.; Emberger, P.: Vegetable oil compatible tractors for environmental benefits and regional development. Intern. Conf. AgEng Zürich 6.-10.07. 2014, Paper C 0421. [http://www.geyseco.es/ageng2014/eposter/?seccion=index\\_posters&tipo=oral](http://www.geyseco.es/ageng2014/eposter/?seccion=index_posters&tipo=oral).
- [13] Düsseldorf, Ch.; Pickel, P.: Herausforderungen und Lösungsansätze zur Verwendung von Kraftstoffen biogenen Ursprungs in Dieselmotoren der Abgasstufe IV. Tagung Land.Technik 2014 Berlin 19. u. 20. Nov. 2014. In: VDI-Ber. 2226, S. 475-479. Düsseldorf: VDI-Verlag 2014.
- [14] Landis, M.: Results of long-time tractor emission and fuel measurements. Intern. Conf. AgEng Zürich 6.-10.07. 2014, Paper C 0461. [http://www.geyseco.es/ageng2014/eposter/?seccion=index\\_posters&tipo=oral](http://www.geyseco.es/ageng2014/eposter/?seccion=index_posters&tipo=oral).
- [15] Broda, A., von Allwörden, K. und Töpfer, T.: Potential von Methan-basierten Kraftstoffen zum Betrieb von Traktoren und mobilen Arbeitsmaschinen. Tagung Land.Technik 2014 Berlin 19. u. 20. Nov. 2014. In: VDI-Ber. 2226, S. 481-4498. Düsseldorf: VDI-Verlag 2014.
- [16] Geimer, M. und Ays, I.: Nachhaltige Energiekonzepte für mobile Arbeitsmaschinen - in welche Richtung gehen Sie? Mobile Maschinen 7 (2014) H. 6, S. 18-25.

- [17] Thiebes, Ph., Rüdenauer, A. und Schmist, S.: Nachhaltige Energieversorgung mobiler Arbeitsmaschinen. ATZoffhighway 6 (2014) H. 3, S. 78-87.
- [18] Scherer, Ph. und Geimer, M.: Verbundprojekt TEAM - Ermittlung der Energieeffizienz. Mobile Maschinen 6 (2013) H. 6, S. 10-13.
- [19] Ehenhan, K. et al.: Verbundprojeket TEAM - Wie viel Energie kann Berge versetzen? Mobile Maschinen 6 (2014) H. 1, S. 10-13.
- [20] Schönfeld, S. und Günther, M.: Verbundprojekt TEAM: Mehr Motor mit weniger Diesel? Mobile Maschinen 7 (2014) H. 3, S. 10-13.
- [21] Schröter, J. und Jacobs, G.: Verbundprojekt TEAM: High-Speed-E-Antriebe für mobile Arbeitsmaschinen. Mobile Maschinen 6 (2014) H. 5, S. 14-17.
- [22] Renius, K.Th.: Die neueren Getriebeentwicklungen bei Ackerschleppern. Teil 1: Stufengetriebe. VDI-Z. 115 (1973) H. 11, S. 930-936.
- [23] Renius, K.Th.: Festlegung der Getriebeabstufung von Ackerschleppern nach Fahrgeschwindigkeitskollektiven. Grundl. Landt. 30 (1980) H.1, S.7-15.  
<http://440ejournals.uni-hohenheim.de/index.php/Grundlagen>.
- [24] Johnson, D.: New transmissions for the John Deere 7R and 8R series tractors. Tagung Land.technik 2013 Hannover 8. und 9.11.2013. In: VDI-Ber. 2193, S. 117-121. Düsseldorf: VDI-Verlag 2013.
- [25] Geimer, M.; Renius, K.Th: Motoren und Getriebe bei Traktoren. In: Jahrbuch Agrartechnik Band 22 (2010), S. 60-67. Frankfurt/M.: DLG-Verlag.
- [26] Sedoni, E. und Morselli, R.: New technologies to increase the efficiency by innovative transmission concepts. VDI Getriebetagung Friedrichshafen 24./25.06.2014. In: VDI-Berichte 2218, S. 867-880. Düsseldorf: VDI-Verlag 2014.
- [27] Heidrich, L; Giessner, K.H. und Wirmel, M.: Der neue UNIMOG in Euro 6: Herausforderungen und Innovationen. Tagung Land.Technik 2014 Berlin 19. u. 20. Nov. 2014. In: VDI-Ber. 2226, S. 13-19. Düsseldorf: VDI-Verlag 2014.
- [28] Schrempp, R.; Schmid, F. und Peters, H.: Safety Requirements for the control of a power-split transmission. Tagung Land.Technik 2013 Hannover 8. u. 9. Nov. 2013. In: VDI-Ber. 2193, S. 105-110. Düsseldorf: VDI-Verlag 2013.
- [29] Möller, D.; Müller, M.; Panizzolo, F.: Power-split transmission HVT and its impact and potential for drive train and implement optimization. VDI Getriebetagung Friedrichshafen 24./25.06.2014. In: VDI-Berichte 2218, S. 857-864. Düsseldorf: VDI-Verlag 2014.
- [30] Christ, C. und Craner, K.: A new hydraulic-mechanical power split transmission for working machines with high requirements on reversing. VDI Getriebetagung Friedrichshafen 24./25.06.2014. In: VDI-Berichte 2218, S. 837-845. Düsseldorf: VDI-Verlag 2014.
- [31] Ivantysynova, M. und Sprengel, M.: Investigation and Energetic Analysis of a Novel Blended Hydraulic Hybrid Power Split Transmission. 9. International Fluid Power Conf. Aachen 24.-26.03.2014. Proceed. Vol. I, S. 140-151.
- [32] Kasukiko Hirose: 2015 wollen wir konkurrenzfähig zu heutigen Antrieben sein. Interview (J. Winterhagen). VDI nachrichten 68 (2014) Nr. 26 vom 27.06.2014, S. 14.

- [33] Schröter, J. et al.: Development of High Speed Electric Drives for Mobile Machinery - Challenges and Potential Solutions. 9. International Fluid Power Conf. Aachen 24.-26.03.2014. Proceed. Vol. III, S. 416-427.
- [34] Matthies, H.J. und Renius K.Th.: Einführung in die Ölhydraulik. 8. Auflage. Wiesbaden: Verlag Springer Vieweg 2014.
- [35] Albers, A. et al.: Einsatz von Simulationswerkzeugen im Entwicklungsprozess elektrifizierter Antriebssysteme, SIMPEP, 4. Kongress zu Einsatz und Validierung von Simulationsmethoden für die Antriebstechnik, 17. u. 18.09.2014, Koblenz-Lahnstein. In: Tagungsband II, S. 103-115.
- [36] Pohlandt, C.: Effizienzsteigerung mobiler Arbeitsmaschinen durch Modellbildung elektrisch hybrider Antriebsstrangtopologien (FVA 675), FVA-Jahrestagung, 2. u. 3.10.2014, Würzburg.
- [37] Ziegler, J.; Bailly, G. und Pohlenz, J.: Rechnerische Verlustleistungsanalyse von stufenlosen Getriebesystemen am Beispiel des ZF Terramatic11. Tagung LAND.TECHNIK Berlin 19./20.11.2014. In: VDI-Berichte 2226, S. 423-431. Düsseldorf: VDI-Verlag 2014.
- [38] Eisenhardt, C. und Baumann, J.: Elektromagnetische Schaltung eines Doppelkuppelungsgetriebes. VDI Getriebetagung Friedrichshafen 24./25.06.2014. In: VDI-Berichte 2218, S. 913-923. Düsseldorf: VDI-Verlag 2014.
- [39] Marani, P. et al.: Methods of Computational Fluid Dynamics for a CVT Transmission Lubrication System of Agricultural Tractor. 9. International Fluid Power Conf. Aachen 24.-26.03.2014. Proceed. Vol. III, S. 296-307.
- [40] Acuner, R. et al.: Influence of Cone-Angle-Difference on Performance of Synchronizers with Carbon Friction Linings. VDI Getriebetagung Friedrichshafen 24./25.06.2014. In: VDI-Berichte 2218, S. 595-610. Düsseldorf: VDI-Verlag 2014.
- [41] Biermann, T.: Schaeffler Heavy Duty Differential with AWD-disconnect. VDI Getriebetagung Friedrichshafen 24./25.06.2014. in: VDI-Berichte 2218, S. 317-336. Düsseldorf: VDI-Verlag 2014.

---

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information****Wissenschaftliches Review / Scientific Review**

Erfolgreiches Review am 21.01.2015

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Renius, Karl Theodor; Geimer, Marcus; Stirnimann, Roger: Motoren und Getriebe bei Traktoren. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2014, Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2015, S. 1-11

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055049>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/182.html>

## **Reifen - Reifen/Boden-Verhalten**

Heinz Dieter Kutzbach und Stefan Böttinger  
Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim, Stuttgart

### **Kurzfassung**

Durch größere Reifen bis IF 900/65 R 46 und flexiblere Flanken (Ultraflex Technologie) folgen die Reifenhersteller den Anforderungen moderner Großtraktoren. Die mit IF bzw. VF gekennzeichneten Reifen lassen sehr geringe Reifeninnendrucke zu und haben durch die starke Verformung große Aufstandsflächen mit Vorteilen für Kraftübertragung und Bodenschonung. Hohe verfügbare Rechenleistungen ermöglichen umfangreiche Modellierung des Reifens auch auf nachgiebigen Böden mit Berechnung des Zugkraftverhaltens und der Bodenbeanspruchung.

### **Schlüsselwörter**

Ackerschlepperreifen, Reifenkennlinien, Reifenmodelle, Bodenverdichtung, Fahrkomfort

## **Tyres - Tyre-Soil-Interaction**

Heinz Dieter Kutzbach and Stefan Böttinger  
Institute for Agricultural Engineering, University of Hohenheim, Stuttgart

### **Abstract**

Tyre manufacturers meet the increasing demands of high powered farm tractors with the design of big sized farm tractor tyres (IF 900/65 R 46) and more flexible side walls (Ultraflex Technology). These tyres marked with IF or VF need only low inflation pressures and have, due to higher deformation, wider and flatter footprints claiming for increasing tyre performance and reducing soil compaction. High computer performance leads to comprehensive modelling of tyres on soft ground with simulation of traction behaviour and soil stresses.

### **Keywords**

Farm tractor tyres, tyre performance, tyre modelling, soil compaction, ride comfort

## Neue Reifenentwicklungen

Steigende Motorleistungen und anwachsende Traktorgewichte erfordern entsprechende Entwicklungen bei den Reifen. Diese Entwicklungen sind gekennzeichnet durch größere Reifendurchmesser, größere Reifenbreiten und Änderungen in den Reifenflanken. Sie haben das Ziel, die höheren Zugkräfte auf den Boden zu übertragen und, durch größere Aufstandsflächen, Spurtiefen und Bodenbeanspruchung in Grenzen zu halten. Mit einem Außendurchmesser von 2,32 m ist der auf der Agritechnica 2013 vorgestellte Michelin AxioBib IF 900/65 R 46 wohl der zur Zeit größte Ackerschlepperreifen, gefolgt von dem TM 1000 High Power von Trelleborg mit 2,30 m. Vorgesehen sind diese Reifen für Traktoren ab 250 kW. Der Michelin-Reifen kann mit einem minimalen Reifeninnendruck von nur 0,8 bar gefahren werden [1].

Geringe Reifeninnendrucke bis herab auf nur 0,4 bar und damit gute Bodenschonung werden durch neue Konstruktionen der Reifenflanken möglich (Ultraflex-Technologie). Gekennzeichnet sind diese Reifen durch die Buchstaben IF für Increased Flexion und VF für Very High Flexion. Bei einem Reifenvergleich von vier Michelin Reifen mit Außendurchmessern von 1,96 m bis 2,16 m, die beiden größeren als IF Reifen, entwickelten die IF Reifen höhere Zugkräfte, hatten eine größere Aufstandsfläche und eine kleinere Spurtiefe [2].

Reifen für Erntemaschinen sind im Außendurchmesser oft begrenzt, sodass die Reifen breiter werden. Auf der Sima 2011 zeigt BKS den Radialreifen AgriMax Teris in der Größe 1050/50 R 32 [3]. Auch Erntemaschinen werden mit Ultraflex-Technologie angeboten und zeigen dann die oben angegebenen Vorteile [4]. Die Kennzeichnung CHO (Cyclic Harvest Operation) bzw. CFO (Cyclic Field Operation) berücksichtigt bei den Tragfähigkeitsangaben, dass die Bunker der Erntemaschinen zyklisch gefüllt und wieder entleert werden und so die volle Last die Reifen nicht dauernd beansprucht.



**Bild 1:** Ein neues Reifenkonzept, Pneu Trac von Mitas [5] (Bild: Mitas, 2014)

**Figure 1:** Pneu Trac, a new tyre design by Mitas [5] (Image: Mitas, 2014)

Mitas erhielt auf der EIMA 2014 in Bologna einen Innovationspreis für ein völlig neues Reifenkonzept, den PneuTrac (**Bild 1**) [5]. Er soll die Vorteile des pneumatischen Reifens mit denen des Gummibandlaufwerks verbinden und wurde bisher in der Größe 280/70 R 18 getestet. Untersuchungen an Reifen der Größe 600/65 R 38 wurden begonnen. Durch die Ver-

legung der Reifenflanken in das Reifeninnere wird eine wesentlich größere Aufstandsfläche mit entsprechender Bodenschonung und Zugkraftverbesserung erreicht. Die Seitenstabilität soll dabei erheblich besser sein als die eines Standardreifens. Die Verkaufsfreigabe hängt allerdings von der weiteren Entwicklung des Konzeptes ab.

Die Verwendung von Industriereifen an Ackerschleppern mit hohem Anteil von Straßenfahrten unter Inkaufnahme der schlechten Zugkraftentwicklung und Bodenschonung auf dem Feld könnte zu Kraftstoffeinsparung von etwa 10 – 20 % führen [6].

### Reifenkennlinien

Die Reifeneigenschaften sind durch verschiedene Kennlinien beschrieben, die zunächst experimentell bestimmt, dann aber durch mathematische Funktionen oder komplexe Reifenmodelle nachgebildet werden. Die häufig verwendeten Kennlinien sind: Zugkraft/Schlupf, Umfangskraft/Schlupf, Laufwerkwirkungsgrad/Schlupf und Seitenkraft/Schräglauf. Dabei ergeben sich Schlupf bzw. Schräglauf aus den jeweils wirkenden Längs- bzw. Seitenkräften. Weiterhin spielen Aufstandsfläche/ Einfederung/ Radlast sowie Federungs-/ Dämpfungseigenschaften/ Geschwindigkeit eine Rolle.

Über neue Zugkraftmessungen wird in [7 bis 8] unter den besonderen Bedingungen Indiens und Thailands berichtet. Da in den schlammigen Böden wegen des hohen Rollwiderstandes die Zugkraftentwicklung erst bei höheren Schlupfwerten erfolgt, lassen sich Zugkraftkennlinien gut durch ein Produkt zweier e-Funktionen entsprechend den Vorschlägen von Brixius, allerdings mit veränderten Koeffizienten beschreiben, Tabelle 1 in [7].

Die Kennzeichnung der für die Zugkraftentwicklung wichtigen Bodeneigenschaften kann durch eine dimensionslose Kennzahl, die Mobility Nummer  $MN = CI \cdot b \cdot d / W$ , erfolgen. Diese erfasst die Bodenbedingungen durch den Cone Index CI (Penetrometer-Eindringwiderstand), den Reifen durch b sowie d und die Radlast W. Sie wird entsprechend den Versuchsergebnissen häufig durch einen Faktor k erweitert. [9] enthält eine umfassende Zusammenstellung der Mobility Nummern und schlägt für einen kleinen Reifen den im Grunde einfachen Faktor  $k = \sqrt{(h - \delta) / d}$  vor.

Oft lassen sich die Zugkraft/Schlupf-Kennlinien durch eine einfache e-Funktion der Art  $\kappa = a - b \cdot e^{-c\sigma}$  beschreiben, die allerdings den häufigen Abfall der Zugkraftbeiwerte bei höheren Schlupfwerten nicht widerspiegelt. Dieser Abfall (s. **Bild 3**) kann durch die Ergänzung obiger Gleichung durch den Summanden  $-d\sigma$  erfasst werden [10]. Die für Pkw-/Lkw-Reifen bei Straßenfahrt weit verbreitete Magic Formula von Pacejka kann nach [11] auch für Reifen auf kohäsivem Boden zur Darstellung der Zugkraftkennlinie angewendet werden. Am Beispiel von sechs Michelin XL Reifen mit Blockprofil werden die Koeffizienten der Magic Formula in Abhängigkeit von einer geänderten Mobility Nummer  $MN = CI \cdot b^{0,9} \cdot d^{0,65} \cdot \delta^{0,45} / W$  ermittelt. Neuere Messeinrichtungen zur Messung der Zugkraft/Schlupf-Kennlinien sind in [7; 12 bis 15] beschrieben, wobei die in [15] verwendete Führung der Einzelradmesseinrichtung durch den Ausleger eines Baggers eine sehr originelle Idee ist.

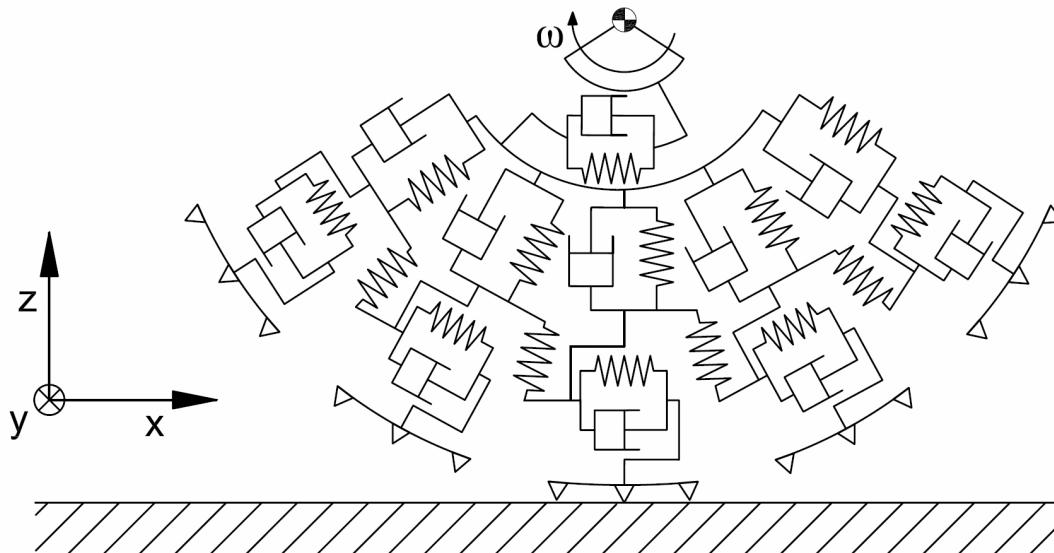
Die in [16] erläuterte Arbeit hat das Ziel, Seitenkraft/Schräglaufwinkel-Kennlinien für große Reifen aus Fahrversuchen ohne den Einsatz von aufwändigen Einzelradmesseinrichtungen zu bestimmen. Die Seitenkräfte werden mit modularen Messfelgen gemessen, die momentanen Schräglaufwinkel aus Radstellung und Fahrkurs ermittelt. Bei Fahrgeschwindigkeiten um 50 km/h und geringen Änderungsgeschwindigkeiten der Schräglaufwinkel von 1 °/s konnte die Kennlinie für Schräglaufwinkel von -8° bis 4° erstellt werden. Der schon früher von Heine, Barelmeyer und Schlotter experimentell gezeigte starke Einfluss von Schlupf/Schräglauf-Änderungsgeschwindigkeit auf die jeweiligen Kennlinien wird in [17] anhand einer Modellrechnung deutlich unterstrichen. Der Einfluss von Radlast und Reifeninnendruck auf Zugleistung und Kraftstoffverbrauch wird in [18] mit einem semi-empirischen Schlepper/Reifen/Boden-Modell und mit Zugversuchen eines Schleppers mit 65 kW ermittelt. Dabei erweist sich geringer Reifeninnendruck positiv für bessere Triebkraftbeiwerte; höhere Radlasten erzeugten zwar höhere Gesamtzugkraft und geringeren Kraftstoffverbrauch, aber der Triebkraftbeiwert wurde geringer. Die Einfederung großer Ackerschlepperreifen wird außer von der Radlast, vom Reifeninnendruck, der Bodenfestigkeit und vom Reifenaufbau beeinflusst. Durch gleichzeitige Messung von Einfederung und Reifeninnendruck [19] können im Zusammenwirken mit einer Reifendruckregelanlage unzulässige Reifenverformungen vermieden und der Reifen besser ausgelastet werden. Darüber hinaus wäre bei Erntemaschinen eine kontinuierliche Erfassung der Radlast und damit des Bunkereinhalts möglich. Die Bestimmung von Latschgröße und Einfederung kann auch über die fotografische Erfassung der Reifeninnenkontur mit Stereokameras im Reifen erfolgen [20]. Am Beispiel eines kleinen 10" Reifens berichtet [21] über Versuche, mit einer kostengünstigen Piezofolie zwischen Schlauch und Mantel Spannungen und Verformungen zu ermitteln.

## **Reifenmodelle**

Reifenmodelle sind zur vorausschauenden fahrdynamischen Untersuchung von Fahrzeugen mit Mehrkörpersimulationen notwendig. Die Reifenmodelle sollen das Reifenverhalten – Kennlinien, Federungs- und Dämpfungsverhalten – so genau wie möglich nachbilden, ohne dass die Zeit für die Fahrzeugsimulation untragbar lang wird. Finite-Elemente-Modelle der Reifen scheiden deswegen zurzeit noch aus, obwohl steigende Rechenleistungen umfangreichere Reifenmodelle ermöglichen. Eingesetzt werden deswegen semiempirische Reifenmodelle, wie beispielsweise F-Tire oder CD-Tire für Pkw- und Lkw- Reifen, deren viele Parameter oft mit erheblichem Aufwand bestimmt werden müssen.

Für großvolumige Ackerschlepperreifen wurde das nichtlineare Hohenheimer Reifenmodell von einem dreidimensionalen Einpunktkontakt-Modell zu einem dreidimensionalen Speichenmodell weiterentwickelt [22 bis 24]. Mit diesem Speichenmodell kann nun die Hindernisüberfahrt besser nachgebildet und in weiteren Schritten die Fahrt auf nachgiebigem Boden simuliert werden. Auch zu Komfort-Analysen kann dieses Reifenmodell eingesetzt werden. Das Modell besteht aus einer Vielzahl von nichtlinearen Voigt-Kelvin-Elementen, den Speichen, die sich in der Aufstandsfläche alle 2° wiederholen und einen Stick-Slip-Effekt beinhalten (**Bild 2**). Die Reifenunrundheit wird durch die Speichenlänge berücksichtigt. Die Speichen sind untereinander zur Darstellung der Längssteifigkeit mit Federelementen vernetzt und insgesamt mit einem Voigt-Kelvin-Element an die Nabe gekoppelt. Die Speichen enthal-

ten auch für die Abstützung der Seitenkräfte Voigt-Kelvin-Elemente und nicht wie frühere Reifenmodelle Maxwell-Elemente. Die stetige seitliche Bewegung des Rades unter Seitenkräften wird durch das Modell selbst erzeugt. Die Parametrisierung kann auf den Hohenheimer Prüfständen (Flachbandprüfstand, Einzelradmesseinrichtung) erfolgen.



**Bild 2:** Modellstruktur des Hohenheimer Speichenmodells für Reifen [22]

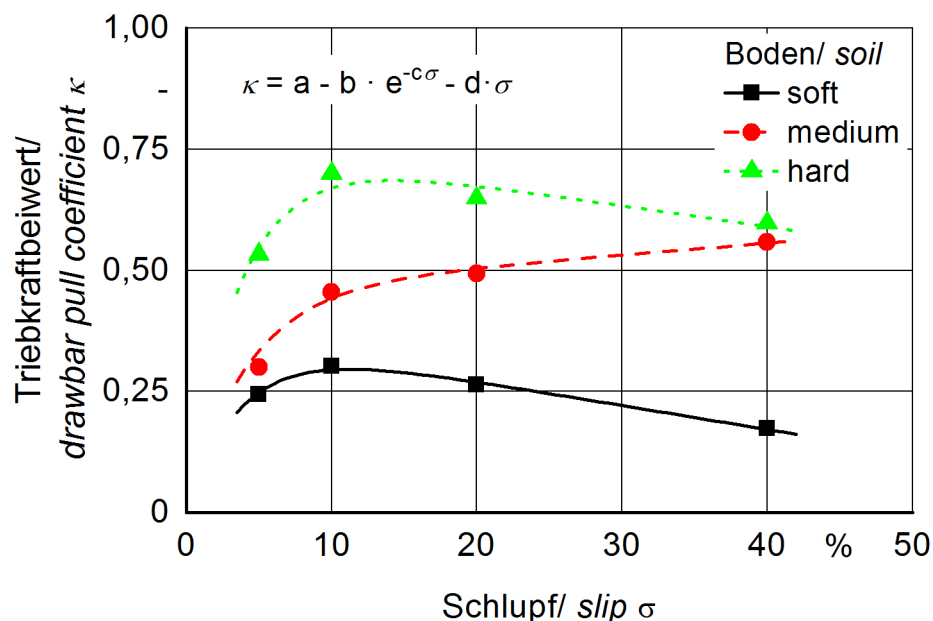
**Figure 2:** Model structure of the Hohenheim brush type Tyre Model [22]

Laborprüfstände zur Parametrisierung eines SUV-Reifens der Größe 235/85 R 16 LTX für ein F-Tire-Modell sind in [25] beschrieben: hydraulischer Belastungsprüfstand des ruhenden Reifens für Federkennlinie, Aufstandsfläche und Reibung. Das Modellverhalten kann mit einer gezogenen Einzelradmesseinrichtung überprüft werden. Am Beispiel eines Michelin-Reifens 16.00 R 20 XZL wurden diese Prüfstände ebenfalls zur Parametrisierung herangezogen [26] und das Verhalten verschiedener Modelle auf verschiedenen festen Böden und Hindernissen untersucht. F-Tire beschrieb dabei das tatsächliche Reifenverhalten am besten [27]. Erneute Hinweise zur Bedeutung der kinetischen und kinematischen Rollradien in der Modellentwicklung, vor allem bei unebenen Fahrbahnen werden in [28] gegeben. Die Geschwindigkeit der Latschfläche wird über Kameras mit Bildauswertung bestimmt; sie entspricht weitgehend der über GPS ermittelten Fahrzeuggeschwindigkeit.

Die Modellierung des Reifens im Gelände erfordert zusätzlich die Modellierung des Bodens und der gegenseitigen Beeinflussung von Reifen und Boden. Die theoretischen Grundlagen zur Bodenmodellierung sind in [29] sehr gut zusammengefasst und die Reifenkennlinien für starre und flexible Räder am Beispiel eines SUV Reifens 265/70 R 17 entwickelt. Für die Reifenverformung im Latsch wird nicht auf ein größeres starres Ersatzrad oder einen parabelförmigen Verlauf zurückgegriffen, sondern eine neue dreiteilige Gleichung vorgeschlagen. Für die Daten eines größeren SUV wird mit diesem Modell der beste Gesamtwirkungsgrad des Laufwerks und die geringste Schlupfdifferenz an den Achsen für 55 bis 65 % des Gesamtmoments an der Hinterachse ermittelt [30].



Das Hybrid Soft Soil Tire Model (HSSTM) der Virginia Tech, Blacksburg, [31] ist das zurzeit wohl am weitesten entwickelte und validierte Reifenmodell für nachgiebigen Boden. [31] enthält 16 weitere Literaturstellen der Virginia Tech aus den Jahren 2008 bis 2014 zur Entwicklung von Reifenmodellen für den Offroad Einsatz. Das HSSTM ist als Speichermodell aus Voigt-Kelvin-Elementen aufgebaut und ausführlich mathematisch formuliert. Die Rechenzeit kann durch optimierte Rechenroutinen kurz genug für Mehrkörper-Fahrzeug-Simulationen gehalten werden. Die Parameterbestimmung für einen 225/60 R 16 97S Michelin Reifen erfolgt in mehreren Schritten durch Standard-Messverfahren, Modalanalyse und FEM Modellierung sowie Überprüfung in einer Bodenrinne. Die Modellergebnisse zur Spurtiefe, Längskraft, Seitenkraft und Lenkmoment stimmen bei geringen systematischen Abweichungen gut mit den Versuchsergebnissen überein. Der Multipasseffekt ist berücksichtigt und in [31] visualisiert. Die mit dem Modell errechneten Zugkraftbeiwerte für drei Böden sind in **Bild 3** bei vier Schlupfwerten angetragen. Sehr deutlich wird der unterschiedliche Verlauf der Zugkraftbeiwerte mit teils ausgeprägten Maxima.



**Bild 3:** Berechnete Zugkraftkoeffizienten eines profillosen Reifens 225/60 R 16, geändert nach [31]

**Figure 3:** Simulated drawbar pull coefficients of a buffed tire 225/60 R 16, modified after [31]

### Bodenverdichtungen

Durch das Befahren landwirtschaftlicher Nutzflächen bilden sich Spuren, die unter ungünstigen Last- und Bodenverhältnissen zu Schadverdichtungen führen können. Diese führen zu vermindertem Pflanzenwachstum, Staunässe und Erosion, sind also durch angepasste Radlasten, Bereifungen, niedrige Reifeninnendrucke und das Befahren tragfähiger Böden zu vermeiden. [32] zeigt beispielsweise die Wheel Load Carrying Capacity im Jahresverlauf, wobei im gezeigten Beispiel von April bis Oktober gute Tragfähigkeit vorlag. Mit dem Rechenverfahren TASC (Tyres/Tracks And Soil Compaction) soll dem Landwirt die Entschei-

derung der Befahrbarkeit erleichtert werden. In [33] werden die verschiedenen Module von TASC vorgestellt.

Zum Vergleich verschiedener Laufwerke werden häufig die Spannungen im Boden (Druckzwiebeln) oder auch die Druckverteilung im Latsch herangezogen [15; 34 bis 38]. Diese mit verschiedenen Fahrzeugen auf verschiedenen Böden durchgeführten Untersuchungen zeigten folgende Ergebnisse: Im Vergleich mit Einfachbereifung zeigte das Challenger Bandlaufwerk den geringsten Druck von 0,27 bar in einer Tiefe von 30 cm; es folgten AxioBib IF 650/85 R 38 ( $p_i = 0,7$  bar) an zweiter Stelle mit einem Bodendruck von 0,36 bar [34]. Zwillingsbereifung verursachte nach Messungen von [35] geringere Bodenspannungen als das Quadtrac-Laufwerk, wobei besonders unter den Tragrollen Spitzen auftraten. Dies wurde bestätigt bei einem Vergleich eines Case IH Steiger 500 mit 710/70 R 42 Zwillingsbereifung (Standard und IF) mit einem Case IH Quadtrac-Laufwerk [36] und an einem einfach bereiften Mähdrescher CR9070 [37]. In [38] wurden vier Anhänger-Reifen für die Zuckerrohrernte hinsichtlich Aufstandsfläche und Druckverteilung in 10 bis 70 cm Tiefe untersucht. Die Reifen mit Blockstollen und mit Längsrillen waren bodenschonender.

Die experimentellen Untersuchungen [33 bis 38] haben auch die positive Wirkung eines geringen Reifeninnendrucks gezeigt. Die Absenkung des Reifeninnendrucks entsprechend der tatsächlichen Radlast ist bedeutend, sodass bei Hang- bzw. Pflugarbeiten eine Einzelrad-Reifendruckregelanlage von Vorteil wäre [39]. Überraschend hat beim Pflügen das Landrad aufgrund der vom Pflug übertragenen Kräfte höhere Radlasten [40].

Da das Pflanzenwachstum durch die Bodendichte – nicht durch die Bodenspannung – beeinflusst wird und der Zusammenhang zwischen beiden Größen nicht eindeutig ist, berechnet [41] mit FEM direkt die Dichteverteilung unter dem Rad und den Einfluss von beispielsweise Reifeninnendruck und Fahrgeschwindigkeit auf die Dichte. Einen sehr überlegenswerten Weg zur Auswahl bodenschonender Reifen beschreibt nach intensiven Forschungsarbeiten der abschließende Beitrag [42]. Die Autoren schlagen vor, die Reifen in Reifentabellen zusätzlich mit einer Kennzahl, dem CC- bzw. LCC-Index zu kennzeichnen (Low Compaction Capacity). Diese Kennzahl beschreibt die Verdichtungswirkung der Reifen. Die Berechnung des CC-Index beruht auf gemessenen Zusammenhängen zwischen Druckbelastung des Bodens und der dadurch verursachten Bodendichte. Als Bezugsgröße für eine optimale Bodendichte eines Lehm Bodens wurden Werte von 1420 kg/m<sup>3</sup> (CC) bzw. 1290 kg/m<sup>3</sup> (LCC) gewählt.

## **Komfort**

Bei den ungefederten landwirtschaftlichen Fahrzeugen übernehmen die Reifen auch Federungs- und Dämpfungsaufgaben. [43] zeigt den erheblichen Einfluss der Reifenunrundheit auf den Comfort Index, der bei einer Fahrgeschwindigkeit von 40 km/h bereits unkomfortable Werte von 1,47 m/s<sup>2</sup> annimmt, insbesondere wegen einer Resonanz der Vorderräder. Mit einem einfachen Mehrkörpermodell untersucht [44] den Einfluss der Feder-Dämpfungskennwerte von zwei Reifen bei Fahrt auf zwei nachgiebigen Böden auf die Sitzbeschleunigung. Der Boden wird durch eine kontinuierliche Schicht von Federn

modelliert, in Längsrichtung wird die Schubspannung auf einen maximalen Wert begrenzt. Validiert wird das Modell auf einem 4-Stempel-Prüfstand. Die Fahrt auf nachgiebigem Boden verringert die Sitzbeschleunigung um 15 - 20 %. Zwei interessante Beiträge [45; 46] beschreiben Sicherheitsmaßnahmen an gefederten Fahrzeugen am Beispiel eines Landrovers durch einen aktiven Stabilisator zur Verbesserung des Fahrzeugrollverhaltens und die automatische Verringerung der Fahrgeschwindigkeit vor engen Kurven entsprechend der über GPS bekannten Route zur Vermeidung von kritischen Fahrsituationen.

### **Fachtagungen**

Die Gründung der ISTVS (International Society for Terrain Vehicle Systems) wurde anlässlich einer ersten internationalen Tagung 1961 in Turin beschlossen. Anlässlich der 17. Internationalen ISTVS Konferenz 2011 in Blacksburg an der Virginia Tech wurde das 50-jährige Bestehen der ISTVS gefeiert. Dr. Sally Shoop, 1. Vizepräsidentin, und Dr. Peter Kiss, 2. Vizepräsident, haben zu diesem Anlass ein sehr gelungenes Büchlein herausgegeben [47]. Es enthält u.a. die Liste der ISTVS Konferenzen, Ehrungen, persönliche Beiträge einzelner Mitglieder, viele Fotos und eine Beschreibung amerikanischer Forschungseinrichtungen mit ISTVS Bezug. Die Tagung wurde unter dem Vorsitz von Professorin Corina Sandu organisiert. Es folgten die nationalen Tagungen 2012 in Pretoria unter Vorsitz von Professor Schalk Els, 2013 in Tampa und 2014 die 18. Internationale Konferenz in Seoul. Die Tagungsbände [48 bis 50] sind über die ISTVS zu beziehen.

## **Literatur**

- [1] -, -: Agritechnica-Neuheiten. Profi 25 (2013) H. 12, S. 174
- [2] -, -: Darf's eine Nummer größer sein. dlz-agrarmagazin 62 (2011) Sonderheft Traktoren, S. 8-13
- [3] -, -: Premieren in Paris. dlz-agrarmagazin 62 (2011) H. 4, S. 84
- [4] -, -: Mehr Tragkraft durch Technologie. dlz-agrarmagazin 63 (2012) Sonderheft Traktoren, S. 8-14
- [5] -, -: Innovationspreis für Mitas PneuTrac auf der EIMA. Pressemitteilung Mitas 29.10.2014, [www.mitas-tyres.com](http://www.mitas-tyres.com)
- [6] Reckleben, Y.; Schäfer, N. und Weißbach, M.: Steigerung der Effizienz bei Straßen-transporten mit unterschiedlichen Reifentypen für Traktoren. Landtechnik 68 (2013) H. 3, S. 196-201
- [7] Gholkar, M.D.; Soni, P.; Salokhe., V.M. und Keen, A.: Modelling the tractive performance of a four wheel tractor operating in rear wheel drive in soft clay wetland paddy. Proceedings of the 18th Int. Conference of the ISTVS, Seoul, Südkorea (2014)
- [8] Ferdous, J.; Soni, P.; Gholkar, M.D. und Keen, A.: The rolling resistance and tractive performance of a small agricultural tractor with different surface and moisture conditions on Bangkok clay soil. Proceedings of the 18th Int. Conference of the ISTVS, Seoul, Südkorea (2014)
- [9] Hegazy, S. und Sandu, C.: Experimental investigation of vehicle mobility using a novel wheel mobility number. Journal of Terramechanics 50 (2013), S. 303-310
- [10] Schreiber, M. und Kutzbach, H.D.: A traction prediction model for agricultural tyres. Proceedings of the 10th European Conference of the ISTVS, Budapest, Ungarn (2006)
- [11] Maclaurin, B.: Using a modified version of the Magic Formula to describe the traction/slip relationships of tyres in soft cohesive soils. Journal of Terramechanics 52 (2014), S. 1-7
- [12] Lee, J.H. und Gard, K.: Vehicle-soil interaction: Testing, modeling, calibration and validation. Journal of Terramechanics 52 (2014), S. 9-21
- [13] Bhoopalam, A.K. und Sandu, C.: Review of the state of the art in experimental studies and mathematical modeling of tire performance on ice. Journal of Terramechanics 53 (2014), S. 19-35
- [14] Goli, H.; Minaee, S.; Jafari, A.; Keyhani, A.; Borghaee, A. und Hajiahmad, A.: An instrumented drive axle to measure tire tractive performance. Journal of Terramechanics 49 (2012), S. 309-314
- [15] Li, H. und Schindler, C.: Analysis of soil compaction and tire mobility with finite element method. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part K: Journal of Multi-body Dynamics (2013), S. 227-275

- [16] Schulze Zumkley, H. und Böttinger, S.: Identifikation der Seitenkraft-Schräglaufwinkel-Kennlinie aus Fahrversuchen mit einem Ackerschlepper. Landtechnik 65 (2010) H. 6, S. 426-428
- [17] Ferhadbegović, B.; Brinkmann, C.; Böttinger, S. und Kutzbach, H.D.: Einfluss des Reifeninnendrucks auf das laterale Übertragungsverhalten von landwirtschaftlichen Reifen. Landtechnik 65 (2010) H. 3, S. 174-177
- [18] Battiato, A. und Diserens, E.: Influence of tyre inflation pressure and wheel load on the traction performance of a 65 kW MFWD tractor on a cohesive soil. Journal of Agricultural Science 5 (2013) H. 8, S. 197-215
- [19] Nolting, K.; Brunotte, J.; Sommer, C. und Ortmeier, B.: Reifeneinfederung kontra Radlast. Landtechnik 66 (2011) H. 3, S. 194-197
- [20] Guthrie, A.G.M; Botha, T.R. und Els, P.S.: 3D computer vision contact patch measurements inside off-road vehicle tyres. Proceedings of the 18th Int. Conference of the ISTVS, Seoul, Südkorea (2014)
- [21] Armstrong, E.G.; Sandu, C. und Taheri, S.: A study on using piezoelectric sensors in a wheeled robot tire for surface characterization. Proceedings of the 18th Int. Conference of the ISTVS, Seoul, Südkorea (2014)
- [22] Witzel, P.; Böttinger, S. und Kutzbach, H.D.: The advanced Hohenheim Tyre Model for the simulation of obstacle passages. Proceedings of the 18th Int. Conference of the ISTVS, Seoul, Südkorea (2014)
- [23] Witzel, P. und Böttinger, S.: Upgrading of the Hohenheim Tyre Model to a radial approach for the simulation of obstacle passages. VDI-MEG Tagung Landtechnik AgEng 2011, Hannover 11.-12.11.2011. VDI-Berichte Nr. 2124. Düsseldorf: VDI Verlag 2011, S. 431-437
- [24] Witzel, P. und Böttinger, S.: Advancement and validation of the Hohenheim Tyre Model. VDI-MEG Tagung Landtechnik AgEng 2013, Hannover 08.-09.11.2013. VDI-Berichte Nr. 2193. Düsseldorf: VDI Verlag 2013, S. 73-81
- [25] Bosch, H.R.B.; Hamersma, H.A. und Els, P.S.: FTire parameterisation of an SUV tyre. Proceedings of the 18th Int. Conference of the ISTVS, Seoul, Südkorea (2014)
- [26] Stallmann, M.J.; Els, P.S. und Bekker, C.M: Parameterization and modelling of large off-road tyres for ride analyses: Part 1 – Obtaining parameterization data. Journal of Terramechanics 55 (2014), S. 73-84
- [27] Stallmann, M.J. und Els, P.S.: Parameterization and modelling of large off-road tyres for ride analyses: Part 2 –Parameterization and validation of tyre models. Journal of Terramechanics 55 (2014), S. 85-94
- [28] Hamersma, H.A.; Botha, T.R. und Els, P. S.: Kinetic vs. kinematic roll radius on rough roads. Proceedings of the 18th Int. Conference of the ISTVS, Seoul, Südkorea (2014)
- [29] Senatore, C. und Sandu, C.: Off-road tire modeling and the multi-pass effect for vehicle dynamics simulation. Journal of Terramechanics 48 (2011), S. 265-276
- [30] Senatore, C. und Sandu, C.: Torque distribution influence on tractive efficiency and mobility of off-road wheeled vehicles. Journal of Terramechanics 48 (2011), S. 372-383

- [31] Taheri, Sh.; Sandu, C. und Taheri, S.: Development and implementation of a Hybrid Soft Soil Tire Model (HSSTM). Proceedings of the 18th Int. Conference of the ISTVS, Seoul, Südkorea (2014)
- [32] Keller, T.; Gut, S.; Weisskopf, P.; Chervet, A.; Sturny, W.G.; Stettler, M.; Lamandé, M. und Schjønning, P.: An approach for calculating the seasonal dynamics in wheel load carrying capacity. Proceedings of the International Conference of Agricultural Engineering, Zürich, 06.-10.07.2014
- [33] Diserens, E.; Battiato, A. und Sartori, L.: Soil compaction, soil shearing and fuel consumption: TASC V3.0 – A practical tool for decision-making in farming. Proceedings of the International Conference of Agricultural Engineering, Zürich, 06.-10.07.2014
- [34] Smith, E.K.; Misiewicz, P.A.; Chaney, K.; White, D.R. und Godwin, R.J.: Effect of tracks and tyres on soil physical properties in a sandy loam soil. ASABE Paper Number: 141912659
- [35] Arvidsson, J. und Keller, T.: Soil stresses under tracks and tyres – measurements and model development. Proceedings of the International Conference of Agricultural Engineering, Zürich, 06.-10.07.2014
- [36] Rethmel, B.R.: Comparison of subsurface pressure created by radial agricultural tires and agricultural tracks (4 wheel drive tractors & grain carts). ASABE Paper Number: 141896712
- [37] -, -: Raupe oder Reifen? Agrartechnik 92 (2013) H. 11, S. 182-188
- [38] Rodríguez, L.A.; Valencia, J.J. und Urbano, J.A.: Soil compaction and tires for harvesting and transporting sugarcane. Journal of Terramechanics 49 (2012), S. 183-189
- [39] Theißen, G.: Den Reifendruck auch am Hang regeln. Profi 26 (2014) H. 10, S. 74-77
- [40] Brunotte, J.; Nolting, K.; Fröba, N. und Ortmeier, B.: Bodenschutz beim Pflügen: Wie hoch ist die Radlast am Furchenrad? Landtechnik 67 (2012) H. 4, S. 265-269
- [41] Xia, K.: Finite element modeling of tire/terrain interaction: Application to predicting soil compaction and tire mobility. Journal of Terramechanics 48 (2011), S. 113-123
- [42] Grečenko, A. und Prikner, P.: Tire rating based on soil compaction capacity. Journal of Terramechanics 52 (2014), S. 77-92
- [43] Cutini, M.; Romano, E. und Bisaglia, C.: Assessment of the influence of the eccentricity of tires on the whole-body vibration of tractor drivers during transport on asphalt roads. Journal of Terramechanics 49 (2012), S. 197-206
- [44] Melzi, S.; Negrini, S. und Sabbioni, E.: Numerical analysis of the effect of tire characteristics, soil response and suspensions tuning on the comfort of an agricultural vehicle. Journal of Terramechanics 55 (2014), S. 17-27
- [45] Cronjé, P.H. und Els, P.S.: Improving off-road vehicle handling using an active anti-roll bar. Journal of Terramechanics 47 (2010), S. 179-189
- [46] Hamersma, H.A. und Els, P.S.: Longitudinal vehicle dynamics control for improved vehicle safety. Journal of Terramechanics 54 (2014), S. 19-36

- [47] Kiss, P. und Shoop, S.: Terramechanics Around the World. International Society for Terrain Vehicle Systems, 2012
- [48] Proceedings of the 17th Int. Conference of the ISTVS, Blacksburg, VA, USA, 2011
- [49] Proceedings of the 12th European ISTVS Conference, Pretoria, Südafrika, 2012
- [50] Proceedings of the 18th Int. Conference of the ISTVS, Seoul, Südkorea, 2014

---

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Kutzbach, Heinz Dieter; Böttinger Stefan: Reifen - Reifen/Boden-Verhalten. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2014. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2015. S. 1-12

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055050>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/183.html>

## Hydraulische Antriebe

Karl Hartmann, Lennart Roos, Johannes Untch, Thees Vollmer

Technische Universität Braunschweig, Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge

### Kurzfassung

Die Entwicklung der Hydraulik in Landmaschinen ist vor allem auf die weitere Effizienzsteigerung ausgerichtet. Hierfür werden größtenteils system-orientierte Ansätze verfolgt, um schaltungs- bzw. prinzipbedingte Verluste zu reduzieren, teilweise auch über die Verwendung elektrohydraulischer Einheiten. Durch die Schaffung neuer Entwicklungs- und Testumgebungen sowie neuer Werkzeuge für die Systemauslegung soll vorhandenes Potential in Zukunft noch besser ausgeschöpft werden.

### Schlüsselwörter

Arbeitshydraulik, Fahrhydraulik, Load-Sensing, Elektrohydraulik, Hardware-In-the-Loop, Druckangleichung, Leistungsverzweigung, Schmierölhydraulik

## Hydraulic Drives

Karl Hartmann, Lennart Roos, Johannes Untch, Thees Vollmer

Technische Universität Braunschweig, Institute of Mobile Machines and Commercial Vehicles

### Abstract

The development of hydraulics in agricultural applications is mainly focused on increasing efficiency. In order to achieve this, most manufacturers are working on system-oriented improvements that reduce general energy losses resulting from the circuit design. Some cases show, that this can also be approached by the use of electro hydraulics. By building new development and testing environments as well as new software-tools for system design, the existing potential of saving energy shall be exploited even better in the future.

### Keywords

Working hydraulics, driving hydraulics, load-sensing, electro hydraulics, hardware-in-the-loop, pressure conditioning, power split drives, lubrication hydraulics



## Einleitung

Die deutsche Fluidtechnikbranche kann auf ein insgesamt erfolgreiches Jahr 2014 zurückblicken. Der Gesamtumsatz lag bei 6,6 Mrd. Euro. Zwei Drittel davon entfallen auf die Hydraulik, die im Vergleich zu 2013 einen Zuwachs von 4 % verzeichnen konnte. Während die zukünftige Geschäftslage vor allem im Verlauf der zweiten Jahreshälfte eher leicht negativ eingeschätzt wurde, gehen über den Jahreswechsel die Erwartungen für 2015 wieder ins Verhalten Positive. Die prognostizierten 3 % Wachstum entsprächen einer weiteren Festigung des 2013 erreichten Niveaus. Der Exportanteil der Hydraulik lag 2014 bei 57 % und ist damit nahezu konstant geblieben. Die deutsche Fluidtechnik insgesamt ist mit einem Anteil von 25 % nach wie vor der größte Teilnehmer am Weltmarkt [1].

Die Landmaschinenbranche ist nach den Bau- und Baustoffmaschinen die zweitgrößte Abnehmergruppe hydraulischer Antriebstechnik. Hier mussten die deutschen Hersteller nach knapp zweistelligem Wachstum im Vorjahr in 2014 Umsatzrückgänge in ähnlicher Höhe hinnehmen. Wesentliche Ursachen sind vor allem die starke Verkleinerung des französischen Absatzmarktes (bei Traktoren allein um 25 %) sowie schwächere Trends in anderen Hauptmärkten wie Polen und Russland. Nach dem Rekordjahr 2013 erfolgte damit eine Rückkehr auf das Niveau des Jahres 2012, das mit einem Gesamtumsatz der Landtechnik von 7,7 Mrd. Euro ebenfalls als vergleichsweise hoch anzusehen ist [2; 3].

Maßgebende Tagungen im Berichtszeitraum waren das 9. Internationale Fluidtechnische Kolloquium (IFK) in Aachen, das FPNI PhD-Symposium in Lappeenranta, das "Symposium on Fluid Power & Motion Control" (FPMC) in Bath, das 8. Mobilhydraulik-Kolloquium in Braunschweig sowie die 72. Tagung LAND. TECHNIK (VDI-MEG) in Berlin.

## Arbeitshydraulik - System

Bei den Arbeitshydrauliksystemen für Traktoren ist nach wie vor Load-Sensing in Closed-Center-Ausführung (CC LS) die Referenz für die mittleren und gehobenen Ausstattungsreihen. Dieses System stellt bei geringem Komponentenaufwand ein volumenstromgeregeltes System dar, welches für die Regelungsaufgabe auf elektronische Unterstützung verzichten kann. Durch den Einsatz von Individualdruckwaagen (IDW) sind die Verbrauchervolumenströme lastdruckkompensiert. An der Reduzierung der prinzip- und systembedingten Nachteile, wie Schwingungsanfälligkeit und mäßigem Effizienzverhalten wird weiterhin geforscht.

In [4] wurden mehrere Verbesserungsmaßnahmen zur Verlustvermeidung in einem CC LS-System simulativ auf Basis eines statischen, teilsynthetischen Leistungsprofils der Traktorhydraulik untersucht. Als Referenz und Ausgangssystem für die Modifikationen dient das CC LS-System eines Mittelklassetraktors, bei welchem die Regelpumpe von einer Konstantpumpe vorgespannt wird. Das System verfügt über einen gemeinsamen Ölhaushalt für die Arbeits- und Getriebehydraulik und ist ohne eine separate Lenkpumpe ausgestattet. Der Ersatz der konstanten Vorförderpumpe durch eine druckgeregelte Verstellpumpe, wie von Bosch Rexroth mit der A10CNO bereits vorgestellt [5], bedeutet in jedem Betriebspunkt mit geringer Gesamtvolumenstromforderung eine Energieeinsparung; laut gewähltem Profil sind dies im Mittel ca. 28 %. Eine weitere Maßnahme zielt auf eine variable, volumenstrom-

abhängige LS-Regeldruckdifferenz. Bei dem gewählten Ansatz wird die LS-Regeldruckdifferenz proportional zum geforderten Volumenstrom von einem Minimalwert aus erhöht, der durch die Prioritätsventile definiert wird. Somit wird der an den IDW abzubauenende Drucküberschuss bei kleinen Volumenströmen geringer, was ebenfalls zu Energieeinsparungen führt (ca. 19 %). Eine dritte Maßnahme sieht bei Verwendung von Positionssensoren an den Ventilhauptschiebern den Verzicht auf die IDW vor, wodurch deren Strömungswiderstand entfällt (ca. 2 % Ersparnis). Zusammen mit der veränderlichen LS-Regeldruckdifferenz kann der Druckabfall über dem Wegeventil reduziert werden [4].

Der Trend der Untersuchung von aufgelösten Steuerkanten in mobilen Applikationen setzt sich fort [6]. Bei diesen Konzepten wird die geometrische Kopplung der zu- und ablaufseitigen Steuerkanten aufgehoben, indem separate Ventile hierfür verwendet werden. Vorteile dieser Konzepte sind die Reduzierung von prinzip- und systembedingten Verlusten sowie die Verbesserung der Systemdynamik (insbes. Schwingungsreduzierung). Werden pro Ventilscheibe die Verbraucherdrücke gemessen, ist in Kombination mit einer elektrisch verstellbaren Regelpumpe die Umsetzung von Bedarfsstromsteuerungen oder -regelungen möglich, die gegenüber dem CC LS-System Vorteile besitzen. Ebenso kann aber auch ein verbessertes elektrohydraulisches LS-System realisiert werden. Aktivitäten in diese Richtung haben [7] unternommen. Es werden für eine Ventilkonfiguration verschiedene Steuer- und Regelkonzepte simulativ für einen dynamischen Frontladerzyklus an einem Mittelklassetraktor mit dem Ziel der Energieeinsparung untersucht. Somit werden zwei Aktuatoren berücksichtigt, die zeitweise simultan arbeiten. Die Konfiguration umfasst für jede Aktuatorseite zwei 2/2-Wege-Proportionalventile für Pumpen- und Tankanschluss und ein weiteres Ventil für die Eilgangstellung. Diese Ventile sind als elektrohydraulische Sitzventile ausgeführt, die über einen Positionssensor verfügen. IDW sind nicht vorhanden, weil deren Funktion durch eine geeignete Interaktion mit einer elektronischen Steuereinheit in die Wegeventile integriert werden kann. Zusätzlich werden beide Aktuatordrücke sowie der Pumpen- und der Tankdruck gemessen. Die Verstellpumpe ist elektrohydraulisch verstellbar, wodurch Druck- und Volumenstromsteuerungen/-regelungen möglich sind. Aufgrund bekannter Durchflusscharakteristik und gemessener Drücke kann der Ventilvolumenstrom gesteuert werden; dies geschieht stets auf der Aktuatorlastseite. Bei aktiven Lasten garantiert eine PID-Regelung einen Mindestdruck auf der Niederdruckseite. Als Regelkonzept wurden verschiedene LS-Regelungen mehreren Volumenstromsteuerungen bzw. -regelungen gegenüber gestellt, die zum Ziel haben, den Drucküberschuss an der Pumpe zu reduzieren. Für den angenommenen Frontladerzyklus wird für ein konventionelles CC LS-System, welches als Referenz gilt, ein Wirkungsgrad von knapp 60 % erreicht. Die alternativen Regelkonzepte erreichen Wirkungsgrade von ca. 70 % bzw. 80 % [7].

Obwohl aktuell durch entsprechend verfügbare Komponenten auch CC LS-Systeme in kleineren Leistungsklassen umsetzbar sind (vgl. [8]), besteht noch eine weite Marktdurchdringung von Traktorhydrauliksystemen mit Konstantpumpe. Dabei handelt es sich im unteren Leistungssegment häufig um Konstantstromsysteme (KS) oder um sog. Open Center LS-Systeme (OC LS), in denen eine Eingangsdruckwaage (EDW) am Ventilblock die Funktion des Förderstromreglers übernimmt und überschüssigen Volumenstrom zum Tank abführt. Es finden dennoch CC-Ventile mit IDW Verwendung.

Durch die direkte Kopplung der Konstantpumpe an die Verbrennungskraftmaschine (VKM) ist der Pumpenvolumenstrom proportional zur VKM-Drehzahl. Richtet sich die Drehzahl ausschließlich nach dem hydraulisch betriebenen Prozess, ist vom Bediener häufig eine Drehzahl manuell vorzugeben, welche er oftmals übermäßig hoch wählt um Unterversorgung möglichst zu vermeiden. Besonders bei mittlerem und hohem Systemdruck entstehen so nennenswerte Verluste, weil der überschüssige Volumenstrom an der EDW zum Tank gedrosselt werden muss. Dies kann gerade bei nachgerüsteten OC LS-Ventilblöcken zu thermischen Problemen führen.

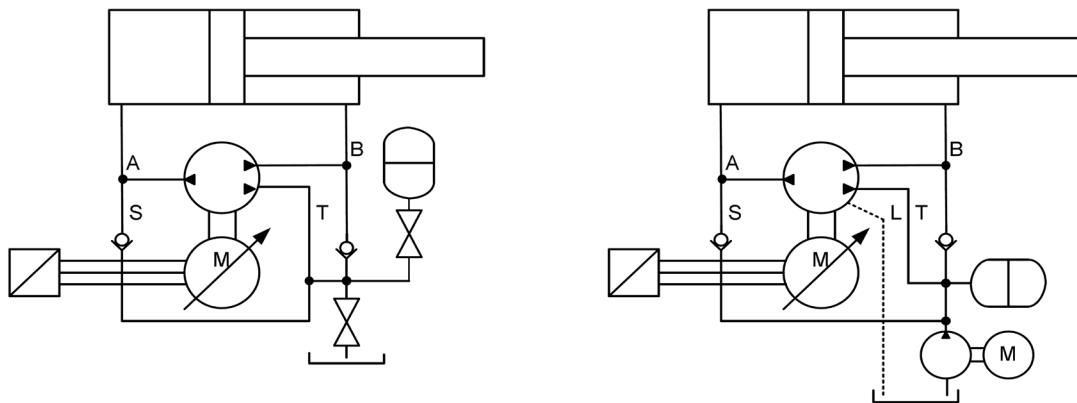
Von [9] wurde auf dem Mobilhydraulik-Kolloquium ein Ansatz vorgestellt, den prinzipbedingten Nachteilen des OC LS über die Einbindung des Fahrers zu begegnen. Es handelt sich um ein Informationssystem, das eine Drehzahlempfehlung auf Basis der aktuellen hydraulischen Verlustleistung an den Bediener ausgibt. Der Hardwareeinsatz ist mit der Verwendung eines Druck- und eines Wegsensors gering. Es werden der Pumpendruck und die Position der EDW erfasst. Durch die Position der EDW sowie deren druckabhängige Durchflusscharakteristik kann auf den Bypassvolumenstrom und schließlich auf die Verlustleistung geschlossen werden. Steigt diese über einen Schwellwert, wird auf einer entsprechenden Anzeige in der Traktorkabine eine Empfehlung zur Reduzierung der VKM-Drehzahl gegeben. Andererseits kann auch eine Warnung vor Unterversorgung generiert werden, wenn die EDW fast vollständig geschlossen ist. Dies ist mit einer Aufforderung zur Erhöhung der Drehzahl verbunden. Ob diesen Forderungen nachgekommen werden kann, hängt von weiteren Prozessen und auch von der Anpassungsfähigkeit des Fahrgetriebes ab.

Neben hydraulischen Schaltungskonzepten und der Bedienerinteraktion wird auch an alternativen Versorgungskonzepten geforscht. Auf der Landtechnik-Tagung 2014 wurden durch [10] ein elektrisch angetriebenes Traktor-Arbeitshydrauliksystem und ein herkömmliches hydraulisch-mechanisches Load-Sensing-System verglichen. Dafür wurde simulativ untersucht, welche Auswirkungen auf die Energiebilanz der Ersatz der hydraulisch-mechanisch geregelten Pumpe des Load-Sensing-Systems durch eine elektrisch angetriebene Konstantpumpe sowie der hydraulisch-mechanischen Lastkombination durch eine elektrohydraulische Mengenbedarfssteuerung haben. Zunächst entsteht in der elektrischen Variante ein Mehrbedarf aufgrund der Verlängerung der Leistungsübertragungskette, da erst mechanische Leistung in elektrische Leistung gewandelt wird, um diese dann im E-Motor wieder in mechanische Leistung umzusetzen. Demgegenüber entstehen energetische Vorteile durch die bedarfsgerechte Anpassbarkeit des Drucküberschusses im elektrohydraulischen System und den weiteren Freiheitsgrad in der Wahl der Verbrennungskraftmaschinendrehzahl unabhängig von der Drehzahl der Hydraulikpumpe.

Da Verstellpumpen insbesondere bei kleinen Schwenkwinkeln vergleichsweise schlechte Wirkungsgrade aufweisen, ist durch den Einsatz einer Konstantpumpe weiteres, in der vorgestellten Untersuchung nicht thematisiertes, Effizienzverbesserungspotential vorhanden [11].

Für eine künftige Leistungsversorgung auf Anbaugeräten können insbesondere bei großer Verbraucheranzahl und räumlich weit verteilten Antrieben elektrohydraulische Kompakteinheiten vorteilhaft sein. Auf dem Internationalen Fluidtechnischen Kolloquium (IFK) 2014

wurde durch [12] ein elektrohydraulischer Aktuator für die verdrängergesteuerte Versorgung von Differentialzylindern vorgestellt, der zunächst für industrielle Anwendungen vorgesehen ist. Es handelt sich um eine Motor-Pumpen-Einheit mit 3 Anschlüssen, in der ein Elektromotor drehzahlvariabel eine Konstantpumpe antreibt. Über den dritten Anschluss werden Differenzvolumenströme der Verbraucherversorgung abgeführt oder aufgenommen, sodass die Versorgung von Differentialzylindern möglich ist, siehe **Bild 1**. Ein Vergleich der Energiebilanz dieses Systems mit einem elektrohydraulischen Aktuator bestehend aus Konstantmotor und Verstellpumpe zeigt signifikante energetische Vorteile des vorgestellten drehzahlvariablen Systems.



**Bild 1:** Schaltplan des elektrohydraulischen Aktuators aus [12]

**Figure 1:** Schematic of the electro hydrostatic actuator in [12]

Durch die große Vielfalt von hydraulischen Anbaugeräten für Traktoren und Landmaschinen ergibt sich ein ebenso großes Anforderungsspektrum an die verwendete Ventiltechnik hinsichtlich Druck, Volumenstrom, Dynamik, etc. In der Entwicklungsphase von Mobilventilen müssen die Funktionsweise und deren Wechselwirkungen mit der Last unter verschiedenen Einsatzbedingungen erprobt werden, was in Form von realen Versuchen kaum darstellbar ist. Eine Alternative stellt eine Hardware-in-the-Loop-Simulationsumgebung (HIL) dar, in der die Versorgungseinheit und der Ventilprüfling physisch vorhanden sind, der motorische Systemteil (Aktuatoren + Last) allerdings simuliert wird. Es handelt sich um eine Kombination von realen Versuchen mit den leicht austauschbaren, gut reproduzierbaren Leistungsgrößen der virtuellen Verbraucher. Der Informationsaustausch zwischen Realität und virtueller Welt ist bidirektional, indem der Ventilvolumenstrom gemessen wird und die zugehörigen Verbraucherdrücke an den Anschlüssen hochdynamisch eingeregelt werden. Hierzu steht einerseits eine (Über-)Druckversorgung als Konstantdrucksystem zur Verfügung. Andererseits besitzt der Prüfstand eine Unterdruckversorgung, die durch eine Vakuumpumpe realisiert wird, wie sie etwa bei der Simulation von aktiven Lasten gefordert wird. Die Regelung der Lastdrücke erfolgt mit einer Zwei-Freiheitsgrade-Struktur, in welcher der gemessene Volumenstrom in Form einer Störgrößenkompensation verwendet wird. In den HIL-Simulationen konnte das Verhalten eines Fronthubwerks für verschiedene Hubwerkventile verglichen werden. Das simulierte Verhalten wurde mit realen Versuchen abgeglichen und zeigt sehr gute Übereinstimmungen im dynamischen Verhalten [13].

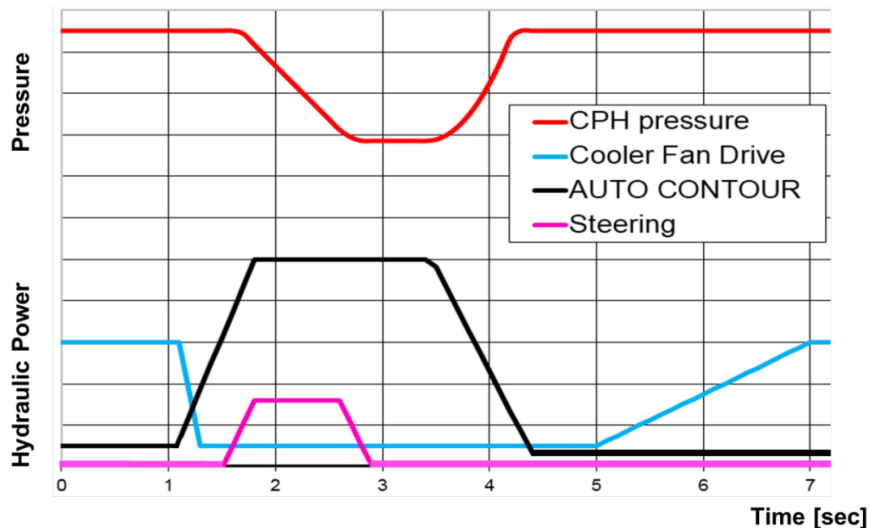
## Arbeitshydraulik - Applikation von Hydrauliksystemen

Auch in den gegenwärtigen Applikationen von Arbeitshydrauliksystemen wird eine Reduzierung prinzipbedingter Verluste umgesetzt. Ein Teil der prinzipbedingten Verluste entsteht durch unterschiedliche Druckniveaus gleichzeitig betätigter Verbraucher. Fendt stellte die neue 1000er-Traktorensérie vor, die im Herbst 2015 in Serie gehen soll. In den Traktoren werden zwei unabhängige Arbeitshydrauliksysteme mit je einer Arbeitshydraulikpumpe verbaut sein. Verbraucher mit unterschiedlichen Druckanforderungen können dann (ggf. sogar dynamisch) auf die beiden Kreise aufgeteilt und auf unterschiedlichen Druckniveaus versorgt werden, wodurch die prinzipbedingten Verluste aus Verbraucherdruckunterschieden sinken [14].

Statt wie beim Zwei-Kreis-Prinzip die Versorgung dem Bedarf der Verbraucher anzupassen, können Lastdrücke mittels Sekundärregelung dem Versorgungsdruck angepasst werden. Durch eine derartige Homogenisierung von Verbraucherdruckniveaus lässt sich ebenfalls eine Einsparung prinzipbedingter Verluste erreichen. Diese wurde im Mähdrescher Lexion der Fa. Claas umgesetzt. Eines der Hydrauliksysteme des Lexion 780 ist als Konstantdruckhydraulik mit 210 bar Maximaldruck und einer Maximalleistung von 38 kW ausgeführt. Über dieses Konstantdrucksystem werden verschiedene Stellfunktionen wie die Bodenführung mit hohen Anforderungen an die Dynamik, Kuppel-, Stell-, Schwenk- und Schneidwerkshubzylinder sowie die Lenkung und der Lüfterantrieb versorgt. Der drehzahlvariable Lüfter wird sekundärgeregelt am Konstantdrucknetz betrieben. Weil im Falle des Lüfters über die Strömungseigenschaften der Luft ein fester Zusammenhang zwischen Drehmoment und Drehzahl besteht, kann in dieser Sekundärregelung auf eine Rückführung der Drehzahl verzichtet werden und stattdessen die Geschwindigkeitseinstellung rein über den zum Drehmoment umgekehrt proportionalen Schwenkwinkel erfolgen [15]. Dies kann daher auch als Sekundärsteuerung bezeichnet werden.

Als Vorteil der Konstantdruckhydraulik wird der im Vergleich zum Load-Sensing einfachere Aufbau ohne Lastmeldeleitung genannt. Zum anderen weist die Konstantdruckhydraulik bei wechselnden Verbraucherlasten bessere hydraulische Eigenschaften auf, weil durch die hydraulische Vorspannung des Systems ein schnelles Ansprechen der Verbraucher erreicht wird und Rückwirkungen von Lastschwankungen auf die Versorgung reduziert werden. Energetische Nachteile gegenüber dem LS-System entstehen vor allem bei wechselnden Druckanforderungen und allgemein niedrigen Verbraucherdrücken. Im Gegensatz zum Traktor, mit dem häufig unbekannte Verbraucher versorgt werden, ist in selbstfahrenden Arbeitsmaschinen wie dem Mähdrescher aber eine bessere Abstimmung der Verbraucherdruckniveaus möglich, weil die Verbraucher genauer bekannt sind. Bewusst werden im Konstantdrucksystem des Lexion keine Verbraucher mit niedrigen Druckniveaus aber hohen Volumenstromanforderungen versorgt. Schließlich kann die Energiebilanz von Konstantdruckhydrauliksystemen durch Brechen von Mengenbedarfsspitzen und kleinerer Dimensionierung der versorgenden Pumpe verbessert werden. Bei erwarteten (gesteuerten) Mengenbedarfsspitzen wird vorher die Lüfterdrehzahl reduziert und so der Volumenstrombedarf gesenkt. Dies wird im **Bild 2** veranschaulicht. Unerwartete Mengenbedarfsspitzen machen sich durch einen Druckabfall im System bemerkbar, die mittels eines Drucksensors detektiert werden. Auch in die-

sem Fall wird der Bedarf des Lüfters durch Zurückschwenken des Motors reduziert. Wegen der hohen Trägheit des Wärmehaushalts führt das kurzzeitige Zurückfahren der Lüfterdrehzahl nicht zu Funktionseinschränkungen. Eine weitere Glättung des Anforderungsprofils wird durch den Einsatz eines Speichers erreicht [15].



**Bild 2:** Druck und Leistungsbedarfe verschiedener Verbraucher im Konstantdrucksystem aus [15]

**Figure 2:** Pressure and power consumption of different actuators of the constant pressure system in [15]

Nicht nur in Verdrängersteuerungen sondern auch in Widerstandssteuerungen gibt es neue Ansätze für Effizienzsteigerungen. Ein relevantes Beispiel liefern Lasthalte- und Senkbremsventile, die in zahlreichen Applikationen für das sichere Halten und präzise Absenken gehobener Lasten benötigt werden. Sie sind im Rücklauf vom hydraulischen Verbraucher vor dem jeweiligen Hauptsteuerventil angeordnet. Energetisch bedeuten diese Elemente typischerweise einen Nachteil, weil sie indirekt über die Leistungshydraulik angesteuert werden. So öffnen die Ventile beim Absenken der Last erst durch den Aufbau eines bestimmten Druckniveaus auf der Zulaufseite des hydraulischen Verbrauchers. Je höher die geforderte Absenkgeschwindigkeit, desto höher ist der erforderliche Druck – und dementsprechend der Bedarf an hydraulischer Leistung. Prinzipiell stünde jedoch in den meisten Fällen allein aus der potentiellen Energie der gehobenen Last genügend Leistung auch für ein schnelles Absenken zur Verfügung.

Bosch Rexroth hat mit "Control Plus" ein neues Lasthalte- und Senkbremsventil vorgestellt, das speziell auf die Anforderungen von Telehandlern ausgerichtet ist. Bei diesen Maschinen spielt die präzise Steuerung des Ausleger-Hubzylinders eine wichtige Rolle. Im Vergleich zu klassischen Senkbremsventilen wird mit dem neuen Ventilkonzept der Leistungsbedarf für Absenkvorgänge auf zweierlei Weise reduziert. Zum einen wird das Ventil nicht mehr über einen Druckaufbau auf der Zulaufseite geöffnet sondern direkt durch einen niedrigen Steuerdruck, der vom Joystick und einem Druckminderventil erzeugt wird. Zum anderen wird der auf der Ablaufseite des Zylinders verdrängte Volumenstrom zu einem Teil auf direktem We-

ge der Zulaufseite zugeführt. Je höher die Last und somit die Druckdifferenz über den Zylinderanschlüssen, desto geringer wird der umlaufende Volumenstrom eingestellt. Mit diesem Prinzip der "Druck-Volumenstrom-Kompensation" wird lastunabhängig ein gleiches Absenckverhalten und somit eine gute Steuerbarkeit der Funktion erreicht [16].

### Hydraulik in Fahrtrieben

Auf der Tagung Land.Technik 2013 wurde eine elektronisch gesteuerte Verstellung von Hydrostaten durch Niederdruck vorgestellt. Die Einheiten werden unter anderem innerhalb des LVG für den Großgeräteträger Vredo VT5518 eingesetzt [17]. Als Druckquelle wird z.B. der Speisekreis verwendet. Eine Variante mit zwei Steuerventilen wurde auf dem Kolloquium Mobilhydraulik 2014 präsentiert. Hierdurch sind höhere Stellkräfte und eine lastabhängige Regelung möglich [18].

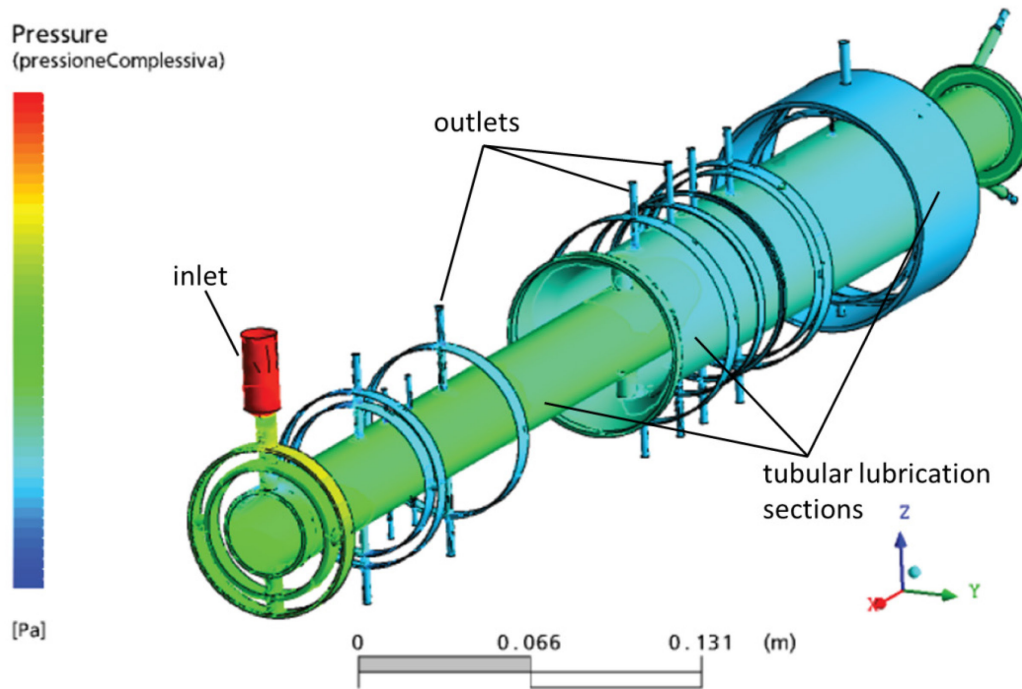
Linde Hydraulics, Daimler und Holmer stellten auf der Agritechnica 2013 hydraulisch synchronisierte Getriebe vor. In der Lösung von Daimler und Linde wird während des Schaltvorgangs die Drehzahl des Hydromotors mit dem (un-)synchronisierten, nachgeschaltetem Getriebe synchronisiert. So kann während der Fahrt der Fahrbereich gewechselt werden, wofür zuvor ein Maschinenstillstand erforderlich war. Von Holmer wurde ein System vorgestellt, bei dem der Schaltvorgang auch bei Teillast möglich ist. Hierbei sind Vorder- und Hinterachse von eigenen Hydrostaten angetrieben. Das Schalten der jeweiligen Fahrbereiche wird für die Achsen bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten durchgeführt. So kann im Teillastbereich zugkraftunterbrechungsfrei geschaltet werden, weiterhin kann die Voreilung frei gewählt werden [5].

Auf dem VDI Getriebekongress präsentierte Liebherr ein leistungsverzweigtes Getriebe mit drei Hydrostaten. Die eingangsseitige Einheit ist durchschwenkbar ausgeführt, die beiden an Sonne und Hohlrad des Planetengetriebes angeschlossenen Einheiten besitzen nur eine Schwenkrichtung. Durch den Einsatz des dritten Hydrostaten werden weitere hydrostatische Leistungspfade im Getriebe erschlossen. Das Getriebe kann sowohl rein hydrostatisch als auch eingangs- und ausgangsgekoppelt leistungsverzweigt gefahren werden. Durch den Wechsel von Eingangs- auf Ausgangskopplung wird nur in einem Fahrbereich mit Blindleistung gefahren [19].

Die fortschreitende Entwicklung im Bereich der Stufenlosgetriebe bringt auch einen zunehmenden Bedarf an Werkzeugen für deren Auslegung mit sich. Abgesehen von Kosten sind eine optimale Funktionserfüllung (Übersetzungsbereich, Verstelldynamik, etc.) sowie ein höchstmöglicher Wirkungsgrad die dominierenden Ziele. Für letzteren spielt im mechanischen Pfad neben Wälzverlusten vor allem die zur Schmierung aufgewendete hydraulische Leistung eine wichtige Rolle.

Auf dem Internationalen Fluidtechnischen Kolloquium (IFK) 2014 wurde von Ferrari et al. [20] ein Ansatz vorgestellt, um mittels CFD die Druck- und Volumenstromverteilung über der Eingangswelle eines CVT-Getriebes abzubilden. In dem gewählten Beispiel eines eingangsgekoppelten Getriebes liegen Schmierspalt auf drei Ebenen vor, die über insgesamt 19 radiale Bohrungen untereinander sowie mit der Ölversorgung und verschiedenen zu schmierenden

Komponenten verbunden sind (**Bild 3**). Die Modellierung erfolgte in ANSYS mit einem Netz aus Tetraedern und Prismen und einer Mindestdicke von sechs Prismenschichten. In Abhängigkeit der Temperatur wurde mit laminarer oder turbulenter Strömung gerechnet. Zusätzlich zu den Strömungsverlusten wird im Modell die Druckdifferenz aus der Zentrifugalkraft berücksichtigt. Simuliert wurden 13 verschiedene Kombinationen von Relativgeschwindigkeiten der drei Wellen für die drei Temperaturbereiche 0°C, 60°C und 90°C bei einer Gesamtdruckdifferenz von 0,5 bis 4 bar.



**Bild 3:** Druckverteilung über Getriebeeingangswelle, nach [20]

**Figure 3:** Pressure distribution on primary shaft, acc. to [20]

In dem konkreten Beispiel wurde anhand der Simulationsergebnisse unter anderem ersichtlich, dass die Schmierölversorgung der äußeren Ebene am Wellenende bei 0°C Öltemperatur auf unter 20 % im Vergleich zu 90°C absinkt. Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass die Höhe der Gesamtdruckdifferenz bei 0°C im Unterschied zu 90°C nahezu keinen Einfluss auf die Volumenstromverteilung sondern lediglich auf den Gesamtvolumenstrom hat. Erkenntnisse wie diese sollen in Zukunft dabei helfen, durch geeignete Dimensionierung und Anordnung der Schmierölzufuhr sowie durch die richtige Druckeinstellung die Schmierölversorgung gezielt an den Bedarf anzupassen. Auf diese Weise sollen sowohl eine Unterversorgung vermieden werden, die zu Bauteilschädigungen führt, als auch eine Überversorgung, die sich in einem erhöhten Leistungsbedarf durch die Ölbereitstellung und durch Planschverluste äußert.



## **Zusammenfassung**

Auf dem Weg zu einer weiteren Steigerung der Effizienz stehen aktuell system-orientierte Ansätze im Vordergrund. Ziel ist es, vor allem die schaltungs- und prinzipbedingten Leistungsverluste weiter zu reduzieren, sei es durch den Einsatz aufgelöster Steuerkanten oder die Modifikation von Load-Sensing-Systemen mittels geregelter Vorförderung, adaptiver LS-Regeldruckdifferenz oder virtueller Individualdruckwaagen. Auch Ansätze zur elektrohydraulischen Versorgung sind Gegenstand aktueller Forschungs- und Entwicklungsarbeit. Neue Systemapplikationen zielen u. a. über Zwei-Kreis-Hydraulik bzw. sekundärgeregelte Angleichung von Verbraucherdrücken auf eine bessere Entsprechung von Leistungsbereitstellung und –bedarf ab. Bei der Hydraulik in Fahrtrieben geht die Entwicklung in Richtung hydraulischer Getriebesynchronisation und Einsparung von Verlustleistung bei LVG, beispielsweise über Niederdruck-Verstellung. Neue Simulationsansätze sollen helfen, die Auslegung des Schmierölkreislaufs im mechanischen Leistungspfad zu optimieren.

## Literatur

- [1] VDMA, Pressegespräch anlässlich "Motion Drive and Automation" (Hannover Messe) vom 20.01.2014, Frankfurt
- [2] VDMA: Halbjahresumsatz-Ergebnisse, Agrartechnik Sept./2014, S.6
- [3] VDMA, Wiesendorfer
- [4] Pintore, F.; et al.: Modelling and simulation of the hydraulic circuit of an agricultural tractor. Proceedings of the 8th FPNI Ph.D Symposium on Fluidpower (FPNI 2014), 11. - 13.06.2014, Lappeenranta
- [5] Hanke, S.; et al.: Nachlese zur Agritechnica 2013. Neuheiten bezüglich Hydraulik und Antriebstechnik (Teil 1). In: Ölhydraulik + Pneumatik 2014, H. 1-2, S. 32-37
- [6] Untch, J.; Roos, L.: Traktorhydraulik. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2013. Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2014. - S. 67-78
- [7] Borghi M.; et al.: Energy Savings in the Hydraulic Circuit of Agricultural Tractors. 68th Conference of the Italian Thermal Machines Engineering Association (ATI 2013), 11. - 13.09.2013, S. 353-361, Bologna
- [8] Hartmann, K.; et al.: Trends bei Landmaschinen und Traktoren. Beobachtungen anlässlich der Agritechnica 2011. In: Ölhydraulik + Pneumatik 2012, H. 1-2, S. 33-37
- [9] Greye, B., Meyer, F., Ligocki, A.: Ein System zur Detektierung von hydraulischen Verlustleistungen in mobilen Arbeitsmaschinen. 8. Kolloquium Mobilhydraulik, Braunschweig 6./7. Oktober 2014, S. 93 - 104
- [10] Sabzewari, K., Ballaire, F., Müller, S.: Energieeinsparpotenzial der Arbeitshydraulik durch die Elektrifizierung am Beispiel eines Frontladlers. AgEng 2014, 72. Internationale Tagung Land.Technik, 19.-20.11.2014, Berlin, S. 449-457
- [10] Roos, L.; Untch, J.; Frerichs, L.: Effizienzsteigerung durch 2-Pumpen-Versorgungseinheiten. 5. Fachtagung Hybride und energieeffiziente Antriebe für mobile Arbeitsmaschinen, 25.02.2015, Karlsruhe
- [11] Boes, C.; Helbig, A.: Electro hydrostatic Actuators for industrial Applications. 9th International Fluid Power Conference (IFK 2014), 24.-26.03.2014, Aachen, Bd. 2, S. 134-143
- [12] Trachte, A.; Keuper, G.: Hardware-in-the-Loop-Simulationsumgebung. Für Mobilventile an lastseitigem Über- und Unterdruck. In: Ölhydraulik + Pneumatik 2014, H. 11-12, S. 18-25
- [13] Ersterer, K.: Fendt legt nach: Neue Traktoren-Serie 1000 Vario erreicht 500-PS-Marke. URL <http://www.landtechnikmagazin.de/Traktoren-Artikel-Fendt-legt-nach-Neue-Traktoren-Serie-1000-Vario-erreicht-500-PS-Marke-4973.php>
- [14] Bultschnieder, R.; Strieker, N.: Alles elektrisch? Entwicklungen in der mobilen Arbeitshydraulik am Beispiel eines CLAAS LEXION. Anforderungsgerechte Auslegung von Hydrauliksystemen. AgEng 2014, 72. Internationale Tagung Land.Technik, 19.-20.11.2014, Berlin, S. 439-447

- [15] Bertani, M.: Motion-Control-Lösungen für Telehandler. In: ATZ offhighway, April 2014, S. 64-69
- [16] Schrempp, R.; Schmid, F.; Peter, H.: Safety Requirements for the control of a power-split transmission. 71. VDI-MEG AgEng Tagung Landtechnik, 08.-09.11.2013, Hannover, S. 105-110
- [17] Schrempp, R.; Schmid, F.; Neuner, M.: Elektronik als Potential in der hydrostatischen Antriebstechnik. 8. Kolloquium Mobilhydraulik, 6.-7.10.2014, Braunschweig, S. 77-82
- [18] Christ, C.; Graner, K.: A new hydraulic-mechanical power split transmission for working machines with high requirements on reversing. 3rd International VDI Conference Transmissions in Mobile Machines, 24.-25.06.2014, Friedrichshafen, S. 837-845
- [19] Ferrari, C.; Marani, P.; Paoluzzi, R.; Stefano, C.: Methods of Computational Fluid Dynamics for a CVT Transmission Lubrication System of Agricultural Tractor. 9th International Fluid Power Conference (IFK 2014), 24.-26.03.2014, Aachen

---

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Wissenschaftliches Review / Scientific Review**

Erfolgreiches Review am 27.02.2015

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Hartmann, Karl; Roos, Lennart; Untch, Johannes; Vollmer, Thees: Hydraulische Antriebe. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2014. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2015. S. 1-12

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055051>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/184.html>

## **Fahrdynamik - Fahrsicherheit - Fahrerplatz**

Jan Krüger, Henning Jürgen Meyer

Fachgebiet Konstruktion von Maschinensystemen, Technische Universität Berlin

### **Kurzfassung**

Die für 2016 erwarteten gesetzlichen Rahmenbedingungen für Traktoren geben Sicherheitsvorschriften auch für schnellfahrende Traktoren mit Höchstgeschwindigkeiten bis bzw. über 60 km/h vor. Assistenzsysteme wie ABS und elektronische Bremssysteme werden ebenfalls berücksichtigt.

Das Wohlbefinden der fahrzeugführenden Person sowie dessen verbessertes Zusammenspiel mit der Maschine ist ein zentrales Ziel der Veröffentlichungen des Jahres 2014. Systeme zur Vibrationsreduktion, Untersuchungen zur besseren Ergonomie in der Kabine, Schutz vor Lärm und Schadstoffen sowie aktive und passive Systeme zum Schutz vor Überschlagen stehen daher im Mittelpunkt der Entwicklungen.

### **Schlüsselwörter**

Fahrsicherheit, Fahrwerk, Sicherheitssystem, Traktor, Fahrersitz, Fahrzeugkabine

## **Ride Dynamics Ride Safety - Driver's Place**

Jan Krüger, Henning Jürgen Meyer

Technische Universität Berlin, Machinery system design group

### **Abstract**

The legislative framework of the European Union regulating tractor safety for vehicles with top speeds of more than 60 km/h are expected for the year 2016. Assisting systems such as ABS and electronic braking systems are included.

The well-being of the driver as well as the improvement of his interaction with the tractor are the major goal of many developments in 2014. Systems to reduce vibrations, studies on the improvement of ergonomics in the cab, noise and pollutant protection as well as active and passive systems for roll-over protection are in the focus of many works.

### **Keywords**

ride safety, suspension, safety system, farm tractor, driver's seat, vehicle cab

## **Fahrdynamik - Fahrsicherheit**

Auf der diesjährigen internationalen VDI-MEG Tagung LAND.technik war eines der zentralen Themen die geplante Vereinheitlichung und Anpassung der gesetzlichen Anforderungen für land- und forstwirtschaftliche Fahrzeuge. Die für 2016 erwartete sogenannte "Tractor Mother-Regulation" wird auch im Bereich Fahrdynamik, Fahrsicherheit und Fahrkomfort Neuerungen mit sich bringen. Die Regelung nimmt eine Anpassung der Zulassungsvoraussetzungen an die technischen Weiterentwicklungen der vergangenen Jahre vor. So sind Regelungen für Traktoren mit Höchstgeschwindigkeiten bis 60 km/h und darüber hinaus vorgesehen. Die verpflichtende Ausrüstung von Traktoren mit Anti-Blockier-Systemen (ABS) und elektronischen Bremssystemen (EBS) wird geprüft. Bei schnelllaufenden Traktoren mit Höchstgeschwindigkeiten über 60 km/h wird ABS gefordert. Auch die Koppelkraftregelung mit dem Ziel die Gestabilität beim Bremsen zu erhöhen ist im Entwurf berücksichtigt [1].

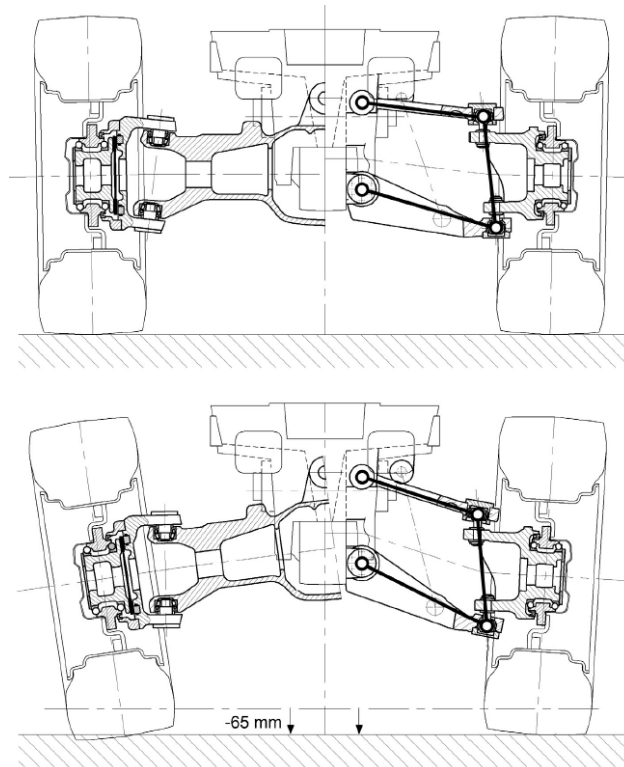
Die Verknüpfung verschiedener zum Teil bereits vorhandener aktiver Systeme bietet Chancen zu weiteren Verbesserungen. So untersuchen Hamersma und Els das Zusammenspiel von ABS und semi-aktivem Fahrwerk auf Schlechtwegstrecken. Sie simulieren dazu den Abbremsvorgang eines Geländewagens mit ABS bei verschiedenen Einstellungen für Dämpfung und Federung des hydropneumatischen Fahrwerks. Während auf glatten Untergründen der Einfluss des Fahrwerks nur gering ist, stellen die Autoren besonders für Kopfsteinpflaster Bremswegunterschiede von bis zu 9 m beim Abbremsvorgang von 80 km/h auf 10 km/h fest [2].

Der bei einem allradgetriebenen Traktor mit Frontlader entstehende Schlupf ist Gegenstand einer Untersuchung von Janulevičius et al. In Abhängigkeit des Reifendrucks und der Beladung stellt sich ein dynamischer Radhalbmesser ein, welcher beim Allradantrieb dafür sorgen kann, dass es kinematisch bedingte Drehzahlunterschiede zwischen den Vorder- und Hinterrädern gibt, welche durch unerwünschten Schlupf der Räder ausgeglichen werden. Ziel der Autoren ist es, diesen Schlupf durch geeignete Reifendruckwahl zu minimieren [3]. Dazu werden verschiedene Reifendruckkombinationen untersucht und deren Einfluss auf den Schlupf ermittelt.

Die Verbesserung von heckgelenkten selbstfahrenden Erntemaschinen, wie beispielsweise Feldhäckslern, ist insbesondere bei der Straßenfahrt mit Geschwindigkeiten über 40 km/h ein wichtiger Faktor für die sichere Beherrschung des Fahrzeugs. Prinzip bedingte Nachteile wie der negative Eigenlenkgradient, fehlende Lenkrückstellkräfte und die verzögert durch den Fahrer wahrgenommene Reaktion des Fahrzeugs in Verbindung mit dem Mangel an Lenkmomentrückmeldung durch die Orbitrollenkung bilden die Motivation für die Entwicklung einer Steer-by-Wire-Lenkung [4]. Diese hat das Potenzial die Nachteile zu kompensieren.

Durch die in den vergangenen Jahren zunehmende Ausrüstung von Traktoren mit Vorderachsfederung neigen diese zu stärkerem Brems- und Anfahrnicken. Es ist möglich, dieses Verhalten durch eine günstige Wahl der Radaufhängungskinematik zu unterdrücken. Gobbi et al. stellen hierzu die analytischen Bedingungen für allrad- und hinterradgetriebene Traktoren auf [5]. Auch Uberti et al. untersuchen die Kinematik der Radaufhängung. Während bis-

her Einzerradaufhängungen nur für Traktoren über 150 kW verfügbar waren, entwickeln sie eine Doppelquerlenker-Einzerradaufhängung für einen Obst- und Weinbautraktor. Diese Lösung ermöglicht es, die ungewünschte Abhängigkeit der Lage des Rollzentrums vom Lenkeinschlag und der Einfederung [6] zu reduzieren. **Bild 1** zeigt den Vergleich des herkömmlichen und des neu entwickelten Fahrwerks.



**Bild 1:** Vergleich zwischen pendelnd aufgehängter Starrachse und Doppelquerlenker-Einzerradaufhängung [6].

**Figure 1:** Comparison between tilting axle and double wishbone suspension [6].

Der als Prototyp ausgeführte Traktor von Qiaoming et al. setzt hingegen auf einen Wippenmechanismus (Rocker) zum Ausgleich von Bodenunebenheiten [7]. Das vorgestellte Fahrwerk verfügt über eine Höhenregulierung sowie eine veränderbare Spur, um das Fahrzeug auf verschiedene Reihenabstände einstellen zu können. Auch der Prototyp von Marinello et al. verfügt über eine Höheneinstellbarkeit [8]. Diese dient bei dem als dreirädrigen Traktor ausgeführten Prototyp vor allem einer Erhöhung der Stabilität in Hanglagen. Neben dem Ansatz, die Neigung des Traktors bzw. der Kabine aktiv zu beeinflussen, um die Fahrsicherheit am Hang zu erhöhen, kann auch ein niedriger Schwerpunkt zur Erreichung dieses Ziels beitragen. In der Zeitschrift Landtechnik wird ein Geräteträger mit niedrigem Schwerpunkt vorgestellt [9]. Durch eine Fernsteuerbarkeit kann das Fahrzeug von einem sicheren Standort aus manövriert werden, ohne der Gefahr eines Unfalls durch Überschlagen oder Umkippen ausgesetzt zu sein.

Dass diese Unfallart weiterhin ein beachtetes Forschungsthema ist, zeigen mehrere Untersuchungen aus Italien. Dort wird versucht, die Unfälle, die auf Überschlagen oder Umkippen

des Traktors zurückzuführen sind, zu quantifizieren [10]. Die Anzahl der Verletzten basierend auf diesem Unfallszenario werden in der Studie auf ca. 300 Fälle pro Jahr geschätzt. Exakte Daten liegen jedoch nicht vor.

Weitere Forschungsarbeiten zum Überrollschutz, besonders mit Blick auf Kleintraktoren für den Weinanbau, stellen Franceschetti et al. vor. Sie vergleichen die Ergebnisse von dynamischen und statischen Tests an Überrollschutzeinrichtungen (engl. Roll-Over Protective Structures - ROPS) [11]. Ein dynamisches Computermodell zur Vorhersage der Energieaufnahme durch ROPS, das mit realen Überschlagversuchen verglichen wird, kann bei der Auslegung wesentlicher Konstruktionsparameter unterstützen [12]. Die gerade im Weinbau oft beengten Platzverhältnisse stehen im Fokus eines auf der Internationalen Konferenz für Landtechnik (AgEng) in Zürich vorgestellten Überrollschutzes von Betresato et al. Dieser ist in Situationen mit geringer Durchfahrtshöhe einklappbar und soll in diesem Zustand dennoch ein Mindestmaß an Schutz bieten [13].

Zur Entwicklung von Fahrwerken, der Messung der auf Fahrer und Traktor wirkenden Vibrationen sowie Betriebsfestigkeitsuntersuchungen werden unter anderem Vierstempelanlagen wie in **Bild 2** verwendet, welche die Räder der Traktoren zu vertikalen Bewegungen anregen.



**Bild 2:** Traktor auf Vierstempelanlage zur Anregung mittels vordefinierten Bodenprofilen [14].

**Figure 2:** Tractor on a four poster test bench used excite the wheels using predefined profiles [14].

Problematisch hierbei ist die Berücksichtigung des nachgiebigen Bodens. Häufig wird eine genormte ISO-Strecke verwendet [15]. Zur Generierung weiterer Strecken verwenden Cutini und Bisaglia einen experimentellen Ansatz. Verschiedene reale Profile werden mit einem Traktor abgefahren [14]. Dabei werden Schwingungsparameter gemessen, die anschließend auf dem Prüfstand mit demselben Fahrzeug nachgebildet und durch Berechnungen und iterative Verfahren angenähert werden um so ein äquivalentes Wegprofil zu erhalten.

Das Mehrkörpersimulationsmodell von Melzi et al. wurde mit Hilfe einer Vierstempelanlage parametrisiert. Neben den Starrkörpern für alle wesentlichen Teile wie Chassis, Kabine, Fahrersitz sowie den ungefederten Massen an Vorder- und Hinterachse berücksichtigt das Mo-

dell auch das Profil der Reifen sowie die Wirkung verschiedener weicher Böden. Die Autoren untersuchen unterschiedliche Parameterkombinationen für Kabinen- und Sitzdämpfung und geben ein Verringerungspotenzial der am Fahrersitz wirkenden Beschleunigungen von 20 bis 30 Prozent an [16].

Um auch die horizontalen Kräfte die durch das Anbaugerät, beispielsweise bei der Bodenbearbeitung, auf den Traktor wirken nachzubilden, stellen Mattetti, et al. einen Zugkraftsimulator auf Basis eines Anhängers vor [17]. Dieser ergänzt die bisher vor allem auf die vertikalen Kräfte ausgerichteten Testsysteme um die experimentelle Abbildung der Zugkraft am Heckkraftheber.

Numerische Untersuchungen dienen als Basis für die an Prüfständen und realen Fahrzeugen durchgeführten Tests. Banerjee et al. stellen ein Berechnungsmodell für die Federung der Laufrollen eines Kettenfahrzeugs vor [18]. Ihr Modell berücksichtigt die Kinematik sowie die nichtlineare Zustandsänderung des verwendeten Hydrogas-Fahrwerks.


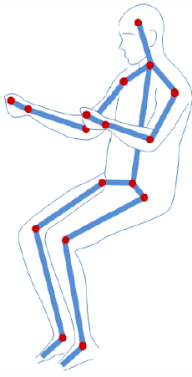
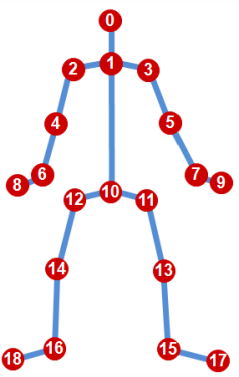
### **Fahrkomfort / Fahrerplatz**

Die zunehmende Verbreitung günstiger Sensoren in der Heimelektronik macht diese auch für Anwendungen zur Untersuchung des Fahrerplatzes interessant. Das von Grogan et al. vorgestellte System soll die bis heute häufigen Unfälle beim Besteigen und Absteigen von Traktoren genauer erfassen. Mit Hilfe zweier kompakter, robuster Kameras aus dem Sportbereich, wird der Bewegungsverlauf automatisch aufgezeichnet. Eine anschließende Klassifikation der Daten soll Aufschluss über mögliche Unfallursachen geben [19]. Die in modernen Smartphones eingebauten Beschleunigungsaufnehmer werden von Cutini et al. verwendet, um die Ganzkörpervibrationsbelastung zu bestimmen. Diese wird heute häufig für verschiedene Testsituationen vom Hersteller oder bei Prüfanstalten einmalig gemessen. Die reale Belastung, welche einen wichtigen Faktor vor allem für die Gesundheit der fahrenden Person darstellt, kann jedoch auf Grund der vielfältigen Einsatzbedingungen stark abweichen. Die entwickelte Smartphone-Applikation kann, nach Aussage der Autoren zwar eine zertifizierte Messkette nicht ersetzen, ermöglicht es aber, einen kostengünstigen Anhaltspunkt zur Vibrationsbelastung zu gewinnen [20]. Einen Sensor, der ursprünglich für eine Videospielekonsole entwickelt wurde, nutzen Marinello et al. zur Quantifizierung der Fahrerbewegung bei der Bedienung eines Traktors. Der sogenannte Kinect-Sensor ermöglicht es, die Bewegungen eines Menschen zu erfassen (Motion-Capture). Für verschiedene Fahrsituationen wird so beispielsweise die durchschnittliche Bewegungsgeschwindigkeit verschiedener Referenzpunkte am Körper des Fahrers in Echtzeit ermittelt (siehe **Tafel 1**). Dies kann helfen, die Ergonomie in der Kabine sowie die Fahrerassistenzsysteme weiter zu verbessern, um den Fahrer zu entlasten [21].



**Tafel 1:** Modell zur Erfassung der Fahrerbewegungen [21].

**Table 1:** Model of a drivers body to monitor driver movement [21].

Driver	Body model	Human body joints	
			0) Head 1) Shoulder center 2-3) Right and left shoulders 4-5) Right and left elbows 6-7) Right and left wrists 8-9) Right and left hands 10) Hip center 11-12) Left and right hips 15-16) Left and right ankles 13-14) Left and right knees 17-18) Left and right feet

Ebenfalls auf die Erfassung und Reduktion der Fahrerbelastung zielt das System von Mann et al. ab. Ein Fahrsimulator, welcher einen Traktor mit Drillmaschine simuliert, soll verwendet werden, um sowohl die geistige als auch die physische Arbeit der fahrzeugführenden Person zu reduzieren [22]. Dazu wird mit Hilfe von Projektoren eine virtuelle Landschaft erzeugt. Die Versuchsperson sitzt in einer realen Traktorkabine und muss auf Ausfälle und Fehler, die durch den Computer vorgegeben werden, reagieren. Anschließend können verschiedene Parameter wie beispielsweise die Reaktionszeit des Fahrers ermittelt werden. Im Journal of Biosystems Engineering beschreiben dieselben Autoren wie sie mit Hilfe des Simulators das Situationsbewusstsein (engl. Situation Awareness) in Versuchen bestimmt haben [23]. In virtuellen Versuchsfahrten mit verschiedenen Automatisierungsgraden der Prozesse Lenken des Fahrzeugs sowie Bedienung und Überwachung des Drillvorgangs bestimmen sie jeweils die Anforderungen an den Fahrer und dessen Situationsbewusstsein. Sie kommen zu dem Schluss, dass auch bei einem hohen Grad der Automatisierung die maschinenbedienende Person einer gewissen Arbeitsbelastung unterliegen sollte, um das Situationsbewusstsein aufrecht zu erhalten und so jederzeit einen sicheren und effizienten Einsatz der Maschine zu gewährleisten.

In Untersuchungen der Auswirkungen auf die Pulsfrequenz beim Fahren mit und ohne satellitengestütztem Lenksystem konnten Holpp et al. eine minimal größere Belastung der fahrenden Person ohne automatische Unterstützung feststellen [24].

Neben der Funktion der Traktorkabine den Komfort sowie die Sicherheit, durch die Isolation von Lärm und Ganzkörpervibrationen, zu erhöhen sowie einen Überrollschutz zu bieten, kann sie auch zum Schutz vor gefährlichen Substanzen dienen, wie sie bei der Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln entstehen. Osterorth et al. untersuchen die Konzentration dieser in einer Kabine unter Berücksichtigung der Windrichtung [25]. Während die Windrichtung auf die außerhalb der Kabine auftretende Schadstoffkonzentration einen großen Einfluss hat, stellen die Autoren fest, dass die Luftzusammensetzung im Inneren des getesteten Fahrzeugs nahezu unabhängig davon ist. Capacci und Rondelli zeigen eine Vorgehensweise zur

nachträglichen Ausrüstung der Kabine eines Wein- und Obstanbautraktors mit einem Schutzsystem der Kategorie 4 der DIN EN 15695:2009 [26; 27].

Eine vergleichende Messung der Schwingungsbelastung beim Einsatz von Traktoren mit Raupenantrieb im Leistungsbereich von 40 bis 51 kW bei der Bodenbearbeitung mit einer Bodenfräse haben Catania et al. durchgeführt. Die zulässigen Ganzkörpervibrationswerte wurden hierbei bei allen Versuchen überschritten [28]. Die jüngeren Modelle (der jüngste Traktor hat das Baujahr 2012) zeigten jedoch geringere Schwingungsbelastungen als die älteren Modelle (ältestes Baujahr 2002). Eine Untersuchung hinsichtlich der Schwingungen des Kabinenbodens stellen Kateris et al. vor. Die vergleichende Messung der Kabinenboden-vibration mit und ohne vibrationsreduzierenden Materialien zeigt deren Potenzial [29]. Auch der Fahrersitz ist nach wie vor Gegenstand von Untersuchungen. Die Erstellung eines Mehr-körpermodells für einen vertikal und horizontal gefederten Fahrersitz weist eine gute Übereinstimmung mit der Realität auf [30].

### **Zusammenfassung**

Durch die Kombination vorhandener aktiver Systeme sowie der Verwendung neuer günstiger Sensortechnik können die Systeme zur Verbesserung des Fahrkomforts und der Fahrsicherheit weiter optimiert werden. Im Fokus zahlreicher Untersuchungen stand die Interaktion der fahrzeugführenden Person mit verschiedenen Assistenzsystemen. Zwar steigt der Automatisierungsgrad weiterhin, um der Arbeitsperson die komplexen Aufgaben zu erleichtern, jedoch ist für die nahe Zukunft ein vollautomatischer Traktor nicht zu erwarten. Neue Regelungen durch die Europäische Union, welche unter anderem dem Trend der steigenden Höchstgeschwindigkeiten Rechnung tragen, werden besonders im Bereich der Assistenzsysteme weitere Entwicklungen befördern. Die Arbeiten aus dem Jahr 2014 zeigen aber auch, das insbesondere bei Traktoren für den Wein- und Obstanbau zunehmend Entwicklungen Einzug halten, welche in größeren Leistungsklassen bereits Standard sind.

## **Literatur**

- [1] Knobloch, F.: Entwicklung eines neuen, zukunftsfähigen EU-Bremsenregelwerks für land- und forstwirtschaftliche Fahrzeuge. VDI-MEG Tagung Landtechnik 19./20.11.2014 Berlin. In: VDI-Berichte 2226. S. 21-26. Düsseldorf: VDI Verlag 2014
- [2] Hamersma, H. A. und Schalk Els, P.: Improving the braking performance of a vehicle with ABS and a semi-active suspension system on a rough road, Journal of Terramechanics 56 (2014). S. 91-101
- [3] Janulevičius, A.; Pupinis, G. und Kurkauskas, V.: How driving wheels of front-loaded tractor interact with the terrain depending on tire pressures, Journal of Terramechanics 53 (2014). S. 83-92
- [4] Dillmann, C.; Halbrügge, C. und Johanning, B.: Aktive Lenkradmomentengestaltung für mobile Arbeitsmaschinen mit Hinterradlenkung. VDI-MEG Tagung Landtechnik 19./20.11.2014 Berlin. In: VDI-Berichte 2226. S. 191-196. Düsseldorf: VDI Verlag 2014
- [5] Gobbi, M.; Mastinu, G. und Prevati, G.: Farm tractors with suspended front axle: Anti-dive and anti-lift characteristics, Journal of Terramechanics 56 (2014). S. 157-172
- [6] Uberti, S.; Gadola, M.; Chindamo, D.; Romano, M. und Galli, F.: Design of a double wishbone front suspension for an orchard–vineyard tractor: Kinematic analysis, Journal of Terramechanics 57 (2015). S. 23-39
- [7] Gao, Q.; Gao, F.; Tian, L.; Li, L.; Ding, N.; Xu, G. und Jiang, D.: Design and development of a variable ground clearance, variable wheel track self-leveling hillside vehicle power chassis (V2-HVPC), Journal of Terramechanics 56 (2014). S. 77-90
- [8] Marinello, F.; Pezzuolo, A.; Gasparini, F. und Sartori, L.: Analysis and testing of a three-wheeled self-leveling prototype tractor. International Conference of Agricultural Engineering - AgEng 6.-10.07.2014 Zürich. In: Proceedings International Conference of Agricultural Engineering, Zurich, 06-10.07.2014 – [www.eurageng.eu](http://www.eurageng.eu) 2014
- [9] Karner, J.; Eder, R.; Holzer, T.; Wieser, J. und Prankl, H.: Steer-by-wire-Lenkung eines Agro-Hybrid-Fahrzeuges mit Einzelradantrieb, Landtechnik 69 (2014) H. 2
- [10] Casazza, C.; Rondelli, V. und Martelli, R.: A critical evaluation of data collection on tractor rollover accidents in Italy. International Conference of Agricultural Engineering - AgEng 6.-10.07.2014 Zürich. In: Proceedings International Conference of Agricultural Engineering, Zurich, 06-10.07.2014 – [www.eurageng.eu](http://www.eurageng.eu) 2014
- [11] Franceschetti, B.; Rondelli, V.; Guarnieri, A. und Capacci, E.: Dynamic and static ROPS tests on modern tractors. International Conference of Agricultural Engineering - AgEng 6.-10.07.2014 Zürich. In: Proceedings International Conference of Agricultural Engineering, Zurich, 06-10.07.2014 – [www.eurageng.eu](http://www.eurageng.eu) 2014
- [12] Franceschetti, B.; Lenain, R. und Rondelli, V.: Comparison between a rollover tractor dynamic model and actual lateral tests, Biosystems Engineering 127 (2014). S. 79-91

- [13] Bietresato, M.; Guarnieri, A.; Rondelli, V.; Wegner, J. und Mazzetto, F.: Concept and design of the ROPS for a small articulated tractor for extreme sloped vineyards. International Conference of Agricultural Engineering - AgEng 6.-10.07.2014 Zürich. In: Proceedings International Conference of Agricultural Engineering, Zurich, 06-10.07.2014 – [www.eurageng.eu](http://www.eurageng.eu) 2014
- [14] Cutini, M. und Bisaglia, C.: Experimental identification of a representative soil profile to investigate Tractor Operator's Discomfort and Material Fatigue Resistance. International Conference of Agricultural Engineering - AgEng 6.-10.07.2014 Zürich. In: Proceedings International Conference of Agricultural Engineering, Zurich, 06-10.07.2014 – [www.eurageng.eu](http://www.eurageng.eu) 2014
- [15] International Organization for Standardization: Agricultural wheeled tractors and field machinery - Measurement of whole-body vibration of the operator 65.060.01; 13.160 (2002) ISO 5008
- [16] Melzi, S.; Negrini, S. und Sabbioni, E.: Numerical analysis of the effect of tire characteristics, soil response and suspensions tuning on the comfort of an agricultural vehicle, Journal of Terramechanics 55 (2014). S. 17-27
- [17] Mattetti, M.; Molari, G. und Unibo, D.: Draft simulator to reproduce field work on the road. International Conference of Agricultural Engineering - AgEng 6.-10.07.2014 Zürich. In: Proceedings International Conference of Agricultural Engineering, Zurich, 06-10.07.2014 – [www.eurageng.eu](http://www.eurageng.eu) 2014
- [18] Banerjee, S.; Balamurugan, V. und Krishnakumar, R.: Ride dynamics mathematical model for a single station representation of tracked vehicle, Journal of Terramechanics 53 (2014). S. 47-58
- [19] Grogan, J. P.; Morrison, J. B. und Mann, D. D.: Development of equipment for in-field recording of cab ingress/egress behavior. International Conference of Agricultural Engineering - AgEng 6.-10.07.2014 Zürich. In: Proceedings International Conference of Agricultural Engineering, Zurich, 06-10.07.2014 – [www.eurageng.eu](http://www.eurageng.eu) 2014
- [20] Cutini, M. und Bisaglia, C.: Whole Body Vibration Monitoring Using a Smartphone. International Conference of Agricultural Engineering - AgEng 6.-10.07.2014 Zürich. In: Proceedings International Conference of Agricultural Engineering, Zurich, 06-10.07.2014 – [www.eurageng.eu](http://www.eurageng.eu) 2014
- [21] Marinello, F.; Pezzuolo, A.; Gasparini, F. und Sartori, L.: Ergonomics analyses through motion capture in a vehicle cabin by means of Kinect sensor. International Conference of Agricultural Engineering - AgEng 6.-10.07.2014 Zürich. In: Proceedings International Conference of Agricultural Engineering, Zurich, 06-10.07.2014 – [www.eurageng.eu](http://www.eurageng.eu) 2014
- [22] Mann, D.; Bashiri, B.; Rakhra, A. und Karimi, D.: Development of a tractor driving simulator to research ergonomics of agricultural machines. International Conference of Agricultural Engineering - AgEng 6.-10.07.2014 Zürich. In: Proceedings International Conference of Agricultural Engineering, Zurich, 06-10.07.2014 – [www.eurageng.eu](http://www.eurageng.eu) 2014

- [23] Bashiri, B. und Mann, D. D.: Automation and the situation awareness of drivers in agricultural semi-autonomous vehicles, Biosystems Engineering 124 (2014). S. 8-15
- [24] Holpp, M.; Anken, T., Sauter, A.; Kroulik, M. und Kviz, Z.: Field evaluation of driving performances and ergonomic effects of satellite-based guidance systems. International Conference of Agricultural Engineering - AgEng 6.-10.07.2014 Zürich. In: Proceedings International Conference of Agricultural Engineering, Zurich, 06-10.07.2014 – [www.eurageng.eu](http://www.eurageng.eu) 2014
- [25] Osteroth; H.-J. und Hinz, T.: Aerosol concentration inside and outside a tractors' cab during pesticide application. International Conference of Agricultural Engineering - AgEng 6.-10.07.2014 Zürich. In: Proceedings International Conference of Agricultural Engineering, Zurich, 06-10.07.2014 – [www.eurageng.eu](http://www.eurageng.eu) 2014
- [26] Deutsches Institut für Normung e.V.: Landwirtschaftliche Traktoren und selbstfahrende Pflanzenschutzgeräte 62.060.10 (2010) DIN EN 15695. Berlin: Beuth Verlag
- [27] Capacci, E. und Rondelli, V.: Tractor cab to protect the operator from hazardous substances in spray application. International Conference of Agricultural Engineering - AgEng 6.-10.07.2014 Zürich. In: Proceedings International Conference of Agricultural Engineering, Zurich, 06-10.07.2014 – [www.eurageng.eu](http://www.eurageng.eu) 2014
- [28] Catania, P.; Vallone, M. und Febo, P.: Risk exposure to vibration and noise in the use of tracklaying tractors. International Conference of Agricultural Engineering - AgEng 6.-10.07.2014 Zürich. In: Proceedings International Conference of Agricultural Engineering, Zurich, 06-10.07.2014 – [www.eurageng.eu](http://www.eurageng.eu) 2014
- [29] Kateris, D.; Gravalos, I.; Gialamas, T.; Xyradakis, P.; Georgiadis, A. und Agarici, R.: The effect of anti-vibration material on whole-body vibration exposure via the cabin floor. International Conference of Agricultural Engineering - AgEng 6.-10.07.2014 Zürich. In: Proceedings International Conference of Agricultural Engineering, Zurich, 06-10.07.2014 – [www.eurageng.eu](http://www.eurageng.eu) 2014
- [30] Rauber, S.; Garde, S. und Schindler, C.: Simulation des Schwingungsverhaltens eines gefederten Fahrersitzes in horizontaler und vertikaler Richtung mittels eines Mehrkörper-Modells. VDI-MEG Tagung Landtechnik 19./20.11.2014 Berlin. In: VDI-Berichte 2226. S. 369-375. Düsseldorf: VDI Verlag 2014

---

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information****Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Krüger, Jan; Meyer, Henning Jürgen: Fahrdynamik - Fahrsicherheit - Fahrerplatz. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2014. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2015. S. 1-10

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055052>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/185.html>

## **Bodenbearbeitungstechnik**

Thomas Herlitzius und André Grosa

Institut für Verarbeitungsmaschinen und mobile Arbeitsmaschinen (IVMA), TU Dresden

### **Kurzfassung**

Die dynamische Umsatzentwicklung im Bereich Bodenbearbeitungstechnik schwächt sich ab, liegt aber mit 5,6 % noch über dem Trend der gesamten Landtechnikbranche (2,7 %). Mit Exportanteilen von bis zu 80 % ist die Sparte weiterhin sehr exportorientiert. Erklärtes Ziel der Hersteller für die nächsten Jahre ist die Sicherung eines nachhaltigen Wachstums. Dafür soll u.a. mit verbesserten Serviceleistungen und erweiterten Produktpaletten die Kundenbindung verstärkt werden. Die Vielfalt der angebotenen Technik nimmt bezüglich der Werkzeuge aber auch der Konfigurationsmöglichkeiten im Gerät weiter zu. Wesentliche Anforderungen an die Technik resultieren dabei aus dem Wunsch nach einem optimalen, flexiblen Bewuchs- und Erntestmanagement. Dazu kommen neue Herausforderungen bei der mechanischen Unkrautbekämpfung.

### **Schlüsselwörter**

Bodenbearbeitung, Einteilung der Bodenbearbeitungssysteme, mechanische Unkrautbekämpfung

## **Tillage**

Thomas Herlitzius und André Grosa

Institut für Verarbeitungsmaschinen und mobile Arbeitsmaschinen (IVMA), TU Dresden

### **Abstract**

The dynamic development of sales in tillage technology is levelling off, but is still 5.6 % above the trend of the entire agricultural machinery sector (2.7 %). With exports accounting for up to 80 %, the division is still very export-oriented. Declared objective of the manufacturers for the coming years is to ensure sustainable growth, achieved by strengthened customer loyalty, improved services and extended product ranges. The variety of offered technologies increases regarding tools and configuration options within the implement.

Significant technological requirements can arise from the desire for an optimal, flexible ground covering- and crop residue management. In addition new challenges in mechanical weed control arise.

### **Keywords**

Tillage, Classification of Tillage Systems, tillage weed control,

## Marktentwicklung

Die dynamische Umsatzentwicklung bis 2012 (13,7 %) schwächte sich in 2013 merklich ab und liegt für den gesamten Landtechnikmarkt bei 2,7 %. Dabei liegt der Bereich Bodenbearbeitungs- und Bestelltechnik mit ca. 10 % im Mittel noch deutlich über dem Durchschnitt und erreicht noch höhere Werte als beispielsweise die Traktorensparte [1]. Die zur Marktanalyse im VDMA gelisteten Firmen bieten zum überwiegenden Teil Maschinensysteme aus den Sparten Bodenbearbeitung sowie Aussaat, Düngung und Pflanzenschutz an. Das ermöglicht den Firmen bereits intern, negative Entwicklungen einzelner Produktgruppen auszugleichen. Die Sparte Bodenbearbeitungstechnik liegt mit 5,6 % Umsatzwachstum in 2013 deutlich unter dem Bereich Säen, Düngen und Pflanzenschutz (14,2 %) [1]. Dieser Trend spiegelt sich auch in den Einschätzungen der Landmaschinen-Fachbetriebe. Sie schätzen ihre Konjunkturaussichten ausgewogen oder verhalten optimistisch ein, bezogen auf den Verkauf von Neugeräten für die Bodenbearbeitung [2].

Im Bereich Bodenbearbeitungs- und Bestelltechnik erreichen die umsatzstärksten Firmen Exportanteile bis zu 80 %. Strategische Hauptmärkte waren die europäischen Länder, Russland und die ehemaligen GUS Staaten [3]. In Europa werden in den Ländern Südosteuropas, insbesondere Rumänien und Bulgarien Zukunftsperspektiven gesehen. Hier besteht ein erheblicher Investitionsbedarf für Bodenbearbeitungstechnik [1].

<b>Markt für Bodenbearbeitungs- und Bestelltechnik in Deutschland</b> <i>Volume of sales for tillage and seeding machines in Germany</i>				
	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>Trend*</b>
<b>Maschinenart</b>				
<b>Machine</b>				
Gesamt <i>Summary</i>	4,760	5,411	5,557	2,7%
Bodenbearbeitung <i>Tillage</i>	0,199	0,252	0,266	5,6%
Säen, Düngen, Pflanzenschutz <i>Sowing, Fertilizing, Plant protection</i>	0,197	0,253	0,289	14,2%
* Veränderung zum Vorjahr / <i>Change to the preceding year</i>				
Quelle: Statistisches Bundesamt, VDMA		Werte in Mrd. €	Values in Bn. €	

**Bild 1:** Marktentwicklung für Bodenbearbeitungs- und Bestelltechnik in Deutschland [1]

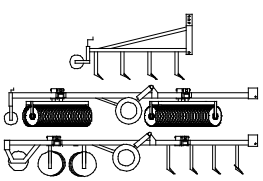
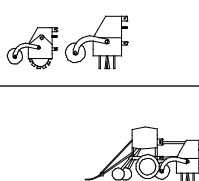
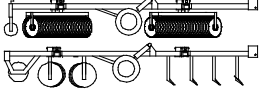


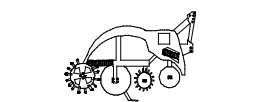
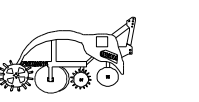


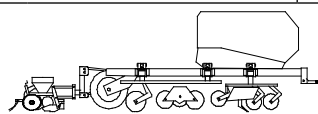
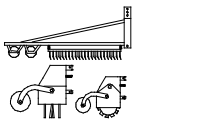
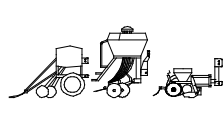
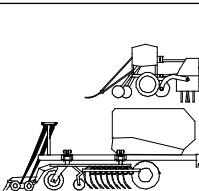
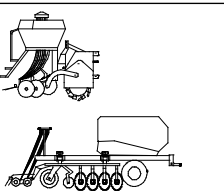
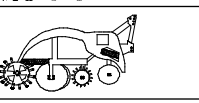
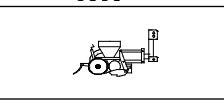
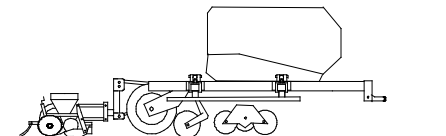
**Figure 1:** Market volume of tillage and seeding implements in Germany [1]

Erklärtes Ziel der größeren Hersteller von Bodenbearbeitungs- und Bestelltechnik ist die Sicherung eines nachhaltigen Wachstums in den nächsten Jahren. Im europäischen Kernmarkt soll dies vor allem produktseitig mit Weiterentwicklungen und neuen Baureihen geschehen [3]. Im Servicebereich wollen die Firmen eine stärkere Kundenbindung mit dem Ausbau von Schulungsangeboten oder intuitiven E-Learning Konzepten erreichen. International sollen die beginnenden Erschließungsaktivitäten von neuen Märkten in Afrika, Südamerika und Indien engagiert weiter verfolgt werden.

## Technik für die nichtwendende, konservierende Bodenbearbeitung

### Vielfalt und Einteilung der Bodenbearbeitungssysteme

In den letzten 20 Jahren nahm die Vielfalt der Geräte zur Bodenbearbeitung rasant zu. Insbesondere im Bereich der konservierenden, nicht wendenden Bodenbearbeitung ist eine Vielzahl komplexer Werkzeugkombinationen am Markt, um den breiten Anforderungen zu genügen. Hier wurde vom KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.) das seit 1993 erstmals verbreitete Einteilungsschema von einer 21-köpfigen Expertengruppe inhaltlich überarbeitet [4].

Verfahren	Grundbodenbearbeitung (intensive Lockerung)	Saatbettbereitung	Saat	Ablauf der Arbeitsgänge
Nichtwendende Bodenbearbeitung	mit Lockerung			Grundbodenbearbeitung, Saatbettbereitung und Saat getrennt
				Grundbodenbearbeitung, Saatbettbereitung und Saat kombiniert
				Alle Arbeitsgänge kombiniert
				Partielle <sup>1)</sup> Grundbodenbearbeitung, Saatbettbereitung und Saat getrennt
				Partielle <sup>1)</sup> Grundbodenbearbeitung und Saatbettbereitung kombiniert, Saat getrennt
				Alle partiellen <sup>1)</sup> Arbeitsgänge kombiniert
	ohne Lockerung			Ohne Grundbodenbearbeitung, Saatbettbereitung und Saat getrennt
				Ohne Grundbodenbearbeitung, Saatbettbereitung und Saat kombiniert
				Ohne Grundbodenbearbeitung, partielle <sup>1)</sup> Saatbettbereitung und Saat getrennt
				Ohne Grundbodenbearbeitung, partielle <sup>1)</sup> Saatbettbereitung und Saat kombiniert

**Bild 2:** Einteilung der nichtwendenden Bodenbearbeitungsverfahren nach KTBL 2014 [4]

**Figure 2:** Classification of conservation tillage systems by KTBL 2014 [4]



Es nimmt in seiner Einteilung Bezug auf den zeitlichen Ablauf der Arbeitsgänge, die eingesetzten Maschinen oder Geräte sowie deren Wirkung auf das Bodengefüge.

Die wendende Bodenbearbeitung beschreibt danach den krumentiefen, wendenden Bodeneingriff im gesamten Bearbeitungshorizont bis 35 cm Tiefe mit dem Pflug.

Bei den nichtwendenden Systemen mit lockernder, mischender Arbeitsweise wird zwischen krumentiefem Eingriff bis zu 25 cm als Grundbodenbearbeitung oder aber einer begrenzt tiefen Lockerung bis 15 cm unterschieden [4; 5].

Die Streifenbearbeitungstechnik wird in die Einteilung als partielle Bearbeitung aufgenommen und unterstellt einen Anteil < 50 % an der zu bearbeiteten Fläche.

In die weiteren Beschreibungen nach den Arbeitsgängen Stoppelbearbeitung, Grundbodenbearbeitung und Saatbettbereitung wurden auch junge Gerätekonzepte wie die Ringschneide oder die Messerwalzen mit aufgenommen.

#### *Technik für tiefere Bearbeitung und große Arbeitsbreiten*

Vorgestellte Entwicklungen folgen weiter dem Trend nach großen Arbeitsbreiten, höheren Transportgeschwindigkeiten und tieferem Bodeneingriff, auch bei den konservierenden Bodenbearbeitungsverfahren. Die bereits beschriebene KTBL Klassifikation folgt der herstellerseitig gebräuchlichen Einteilung der Bodenbearbeitungstechnik in leichte und schwere Modellreihen, beispielsweise bei Grubbern und Scheibeneggen. Diese erreichen in klappbaren Ausführungen für Arbeitsbreiten > 4 m mit entsprechenden Nachlaufwalzen spezifische Gerätegewichte bis 900 kg je m Arbeitsbreite in den leichten und bis zu 1500 kg je m Arbeitsbreite in den schweren Modellreihen. Die schweren Scheibeneggen erreichen hier mit Scheibendurchmessern zwischen 610 und 660 mm bei entsprechenden Bodenbedingungen bis zu 20 cm Arbeitstiefe. Sie können somit zur lockernden, mischenden Grundbodenbearbeitung bis 20 cm Tiefe eingesetzt werden. Diese Leistungsdaten werden heute auch von den schweren Kurzscheibeneggen erreicht [6; 7; 8]. Dieses Segment wurde von den Herstellern weiter ausgebaut, so zum Beispiel von Amazone mit der schweren Kurzscheibenegge Certos TX. Sie hat je nach Arbeitsbreite ein spezifisches Gewicht bis zu 1400 kg/m und wird mit aggressiven, gezackten Hohl scheiben (Ø 660 mm) ausgerüstet. Die klappbaren Geräte erreichen dann je nach Walzenausstattung Gesamtgewichte bis zu 9000 kg bei 7 m Arbeitsbreite. Die Einsatzbereiche der schweren X-Scheibeneggen können mit diesen Geräten mit abgedeckt werden, die spezifischen Gewichte sind vergleichbar. Die reduzierten Transportlängen der schweren Kurzscheibeneggen werden mit erhöhten Bauaufwand für die einzelnen Scheibenlagerungen und damit einem höheren Preis, erreicht.

Zunehmend sind für den Straßentransport Geschwindigkeiten von 40 km/h möglich. Dazu werden hydropneumatische Deichselfederungen, Mittenfahrwerke mit großvolumigen Reifen bis hin zu Zweikreis- Bremsanlagen in der Geräteausstattung mit angeboten.

Auch im Bereich der Grubber werden nunmehr von mehreren Herstellern Arbeitsbreiten bis 7 m angeboten und die Hitchachse als Mittenfahrwerke in den Werkzeugbereich integriert. Vordere Stützräder zur traktorunabhängigen Tiefenführung der Geräte werden im Bereich der Scheibeneggen und Grubber in der Breite angeboten.



**Bild 3:** Schwere Kurzscheibenegge Amazone Certos TX, Mittenfahrwerk, 6m Arbeitsbreite [8]

**Figure 3:** Heavy Duty Compact Disc Harrow Amazone Certos TX, center running gear, 6m working width [8]

#### *Flexibilität durch Ausstattungs- und Konfigurationsvielfalt*

Die Ausstattungsoptionen und die Werkzeug - Konfigurationsmöglichkeiten bei der gezogenen Gerätetechnik nehmen weiter zu. In dieser festgelegten Ausstattung wird das Gerät dann oft universell eingesetzt, ohne beispielsweise einen Austausch der Nachlaufwalzen zur Anpassung an entsprechende Arbeitsziele.

Die Werkzeuge der Hauptsektion bestimmen das Gerätegrundkonzept. Zur besseren Abstimmung auf die Boden- und Bewuchsbedingungen sowie die Arbeitsziele können modulare Werkzeugtraversen vorgebaut werden, die Bewuchs vorschneiden, Erntereste in Fahrtrichtung verteilen oder oberflächlich den Boden aufreißen [6; 8; 9]. Dieses sind beispielsweise Scheibensektionen oder Schwerstriegelsegmente die mechanisch oder hydraulisch in Neigung und/ oder Eingriffstiefe verstellt werden können (z. B. Horsch Joker RT, Väderstad Carrier).



Die Vielfalt der Nachlaufwalzen oder -packer ist mit bis zu 10 Varianten bei manchen Herstellern sehr komplex und erweitert sich weiterhin. Metall-, Gummi- und Kunststoffkonstruktionen oder Reifenbauarten stehen hier zur Auswahl und sorgen je nach Bauart für Längs- oder Querprofilierung und Rückverdichtung.

Zur Beseitigung von Grubber- oder Pflugsohlenverdichtungen werden Erweiterungssysteme für Grubberschare angeboten. Sie können z. B. als Untergrunddorn mit Eingriffstiefen bis 40 cm das eigentliche Werkzeug ergänzen und unterfahren den Bearbeitungshorizont (z. B. Grubber Väderstad Opus mit sog. Tieflockerungsspitze) [9].



**Bild 4:** Gezogener Grubber mit mechanischer Aufbaudrillmaschine (Pöttinger Multiline Konzept, Foto: Pöttinger) [11]

**Figure 4:** Trailed cultivator with semi-mounted mechanical seeding machine (Pöttinger Multiline Concept, photo: Pöttinger) [11]

Zur optionalen Aussaat von Zwischenfrüchten oder Randstreifenbegrünungen in erosionsgefährdeten Gebieten oder im Rahmen von Greening - Programmen werden zunehmend herstellerseitig Lösungen angeboten. Die Saatgutbehälter mit Fassungsvermögen bis etwa 500 l werden auf die Deichsel oder den Zentralteil des Maschinenrahmens aufgebaut [6; 8; 10]. Der Saatguttransport erfolgt bei diesen Lösungen zumeist pneumatisch, die Applikation über Säschieben oder Breitverteildüsen in den Erdstrom - Bereich der ebnenden Werkzeuge vor den Nachlaufwalzen (vgl. **Bild 3**).

Zur Einsatzerweiterung der Grubber und Scheibeneggen analog zu bekannten zapfwellenge-triebenen Bestellkombinationen stellte Pöttinger das Multiline Konzept vor (**Bild 4**). Hier kön-nen die bekannten mechanischen Aufbaudrillmaschinen auch mit aufgesatteltem Grubber Synkro oder Scheibenegge Terradisc als gezogene Bestellkombination eingesetzt werden. Die Keilringwalze mit Gummiringen wird beim Ausheben am Vorgewände und beim Straßen-transport als Fahrwerk genutzt.

### **Bewuchsmanagement und Feldhygiene**

Die aktuelle Situation auf den Hohertragsstandorten Mitteleuropas ist gekennzeichnet von engen Fruchtfolgen, einer weiteren Steigerung des Maisanbaues auf über 2,5 Mio ha (ca. 21,6 %) [12] und einer Ausweitung der Gesetzgebervorgaben [13]. Erstmals erfolgte 2014 eine gesetzliche Regulierung zum Einsatz von Glyphosat - haltigen Totalherbiziden. In den Anwendungsbestimmungen werden darin u. a. die Aufwandmenge und die Anzahl der jährli-chen Applikationen auf zwei begrenzt [13]. Aus diesen Randbedingungen resultieren wach-sende Anforderungen an die Bodenbearbeitung bezüglich eines optimalen Bewuchs- und Ernterestmanagements. Neben der Optimierung chemischer Pflanzenschutzmaßnahmen muss hier die eingesetzte Technik für die Bodenbearbeitung, insbesondere Stoppelbearbei-tung aber auch für das vorgelagerte, aktive Ernterestmanagement einen wichtigen Beitrag leisten.

Primäre Ziele sind hierbei das Herbeiführen einer beschleunigten Rotte und Umsetzung der Erntereste (z. B. Maisstroh) sowie eine weitgehend vollständige und damit nachhaltige Un-kraut- (z. B. der Wurzelunkräuter) und Schädlingsbekämpfung (z. B. Maiszünsler). Hier lie-gen die zukünftigen Herausforderungen an die Technik zur Stoppelvorbereitung und –bear-beitung. Im Bereich der Ökologischen Landwirtschaft wurden und werden die Einsatzgren-zen heutiger Technik in diesem Bereich benannt [13; 14] und wesentliche Anforderungen definiert:

- 1 - ganzflächiger, flacher Schnitt mit exakter Tiefe von 2-3 cm;
- 2 - Wurzeln enterden und oberflächlich ablegen;
- 3 - optional keine Einarbeitung und/ oder Rückverdichtung  
nach der Stoppelbearbeitung.

#### *Stoppelvorbereitung mit gezogener Technik oder angetriebenen Maschinen*

Bei der Stoppelbearbeitung oder dem Einarbeiten von Zwischenfruchtbeständen sollen die Pflanzenreste intensiv aufgeschlossen bzw. zerfasert werden, um eine schnelle Verrottung zu ermöglichen. Hier können Scheibeneggen eingesetzt werden, erreichen aber mit Strich-abständen von 12 - 14 cm keine engmaschige Bearbeitung. Zum zusätzlichen Schneiden quer zur Fahrtrichtung werden von verschiedenen Herstellern Messerwalzen angeboten, die im Traktorfrontanbau (Arbeitsbreiten bis 6 m) oder als gezogene Systeme mit Arbeitsbreiten bis 11,60 m (z. B. Dalbo MaxiCut) verfügbar sind [15]. Mit Walzendurchmessern zwischen 500 und 700 mm erreichen die Radialmesser (12 - 17) theoretische Schnittlängen zwischen 10 und 18 cm bei spezifischen Gewichten bis zu 1300 kg/m (mit Wasserfüllung der Walzen-körper).





**Bild 5:** Werkzeugkombinationen zur flachen, mischenden Bodenbearbeitung (Väderstad Carrier) [15]  
**Figure 5:** Different tool combinations for flat, mixed tillage (Väderstad Carrier) [15]

Väderstad bietet hier ein vielfältiges Werkzeugsystem an, was in die Kurzscheibeneggen der Carrier Baureihen integriert werden kann [9]. Dabei können entweder quer schneidende Werkzeuge (Cross Cutter Knife) vorgelagert oder aber die eigentlichen Scheiben gegen Zwei - Ebenen Schnittwerkzeuge (Cross Cutter Disc) ausgetauscht werden. Damit werden bei einer flachen Bodenbearbeitung eine intensive Pflanzenrestzerkleinerung aber auch ein stärkerer Bodenaufwurf erreicht und damit die Mischwirkung erhöht (**Bild 5**) [15]. Mit den Möglichkeiten Schlepp- oder Striegelzinken vorzubauen, ergeben sich weitere Kombinationsmöglichkeiten. Dazu ermöglichen die Carrier L und XL Baureihen (Arbeitsbreiten 4,25 - 8,25 m) mithilfe der sogenannten MultiSet Naben ein Verstellen des Scheiben-Neigungswinkels im Bereich zwischen 10° und 18°. Dazu wird die Scheibenachse jeweils um 1/4 Umdrehung verdreht und in dieser Position arretiert [9].

Bei hohen Körnermaiserträgen von über 100 dt/ha treten auf ertragsstarken Lößstandorten Ernterestmengen von bis zu 15 t/ha auf. Die entstehenden Mulchaufgaben erreichen dann Auflagedicken von 15 cm, bei ungleicher Querverteilung partiell bis zu 20 cm. Hier verstopfen Zinkensysteme, und Scheibenwerkzeuge können die Gutmatte nicht mehr durchschneiden. Hier werden zur Vorzerkleinerung als Grundlage für besseren Einmischerfolg zunehmend Mulcher mit vertikaler (Sichelmulcher) oder horizontaler (Schlegelmulcher) Werkzeugwelle eingesetzt. Die eingesetzten Sichelmulcher sind im Traktorheck angebaute (einteilige),

angehängte bzw. aufgesattelte (klappbar, dreiteilige) Maschinen mit Arbeitsbreiten bis zu 8,2 m (bis zu fünf Werkzeugrotoren, **Bild 6**) [16] und werden von der Traktorzapfwelle angetrieben. Funktionsbedingt neigen die Sichelmulcher jedoch zu einem schwadförmigen Gutaustrag und erreichen damit schwerer eine gleichmäßige Querverteilung des Pflanzenmaterials. Mit Mulchern der Schlegelbauart wird dem gegenüber die Querverteilung des Gutes nicht verändert. Im Traktorfront- oder/ und -heckanbau werden im landwirtschaftlichen Einsatz mit ein- bis dreiteiligen Bauweisen 2,8 - 8,3 m Arbeitsbreite erreicht. Für diese Bauarten sind vielfältige Werkzeugvarianten, wie Platten- oder Y-Messer aber auch geschmiedete Hammerschlegel verfügbar. Somit lassen sich Schnittebenen (z. B. beim Y-Messer) überlagern und in Verbindung mit den hohen Werkzeuggeschwindigkeiten von  $> 40$  m/s kommt es zu intensiven, mehrmaligen Kontakt zwischen Werkzeug und Pflanzenmaterial. Damit werden höhere Aufschluss- (Aufspießen) und Zerkleinerungsgrade als bei der Sichelbauart erreicht [18; 19]. Dies ist insbesondere für die Bekämpfung von Schädlingen (z. B. Maiszünsler) oder dem Eindämmen von Pilzbefall (Fusarosen) in der Folgefrucht relevant. Der Leistungsbedarf ist wesentlich von der Werkzeugform und von der zu verarbeitenden Gutmasse abhängig und erreicht für die Sichel- und Schlegelbauarten spezifische Werte von bis zu 45 kW/m.



**Bild 6:** aufgesattelter, 3-teiliger Sichelmulcher Spearhead StarCut730 auf einer abgeernteten Körnermaisfläche vor einer Testfahrt (Foto: TU Dresden, AST)

**Figure 6:** trailed, 3-part rotary-mower Spearhead StarCut 730 on harvested corn field before a test run (photo: TU Dresden, AST)

### *Pflugtechnik und weitere Systeme*

Der klassische Streichblechpflug ermöglicht durch tiefes, vollflächiges Einarbeiten des Pflanzenmaterials eine effektive Feldhygiene, insbesondere für die Folgefrucht. Das zeigt sich in der Belebung des Pflugmarktes. So bietet beispielsweise der Hersteller Amazone mit dem Anbau Drehpflug Cayron seit 2014 wieder Pflüge an [8]. Eine schnelle Verrottung der Pflanzenreste wird mit der Pflugarbeit jedoch nicht erreicht. Hier sind aktuell Konzepte verschiedener Hersteller zu finden, die flachen und ganzflächig arbeiten und den Bewuchs, Unkraut und Wurzeln zum Abtrocknen/ Absterben an der Oberfläche belassen und zusätzlich für Erosionsschutz sorgen. Die Kettenscheibenegge in X-Bauform (Kelly) verzichtet mit wahlweise passiven Scheiben- oder Zinkenrotoren (Prickelkette) auf starre Werkzeugachsen und erreicht damit eine optimale Bodenkopierung [20]. Die Geräte ermöglichen mit Arbeitsgeschwindigkeiten bis zu 15 km/h und maximalen Arbeitsbreiten von 12,6 m hohe Flächenleistungen bis über 15 ha/h.

Angetriebene Zinkenrotoren mit Durchmessern von 300 – 800 mm in Kombination mit vorlaufenden breiten Flachscharen (Glyph-O-Mulch) [21] oder Gänsefußscharen (couch grass Killer) [22] wurden in den letzten Jahren der Öffentlichkeit vorgestellt.

### **Zusammenfassung**

Breit gefächerte pflanzenbauliche und betriebswirtschaftliche Anforderungen führen weiterhin zu wachsender Ausstattungs- und Konfigurationsvielfalt in der Geräte- und Maschinentechnik zur Bodenbearbeitung. Zunehmende Bedeutung erlangen das gleichmäßige Verteilen, die optimale Vorzerkleinerung von Ernteresten und Bewuchs vor der eigentlichen Bodenbearbeitung sowie die mechanische Unkrautbekämpfung. Dafür werden zapfwellengetriebene Mulcher in einem separaten Arbeitsgang eingesetzt oder abrollende, schneidende Werkzeuge in die gezogenen Geräte integriert. In diesem Bereich der Feldhygiene ist weiterhin mit Entwicklungen bei der Bodenbearbeitungstechnik zu rechnen.

## **Literatur**

- [1] -, -: VDMA Landtechnik, Wirtschaftsbericht 2014
- [2] -, -: Konjunkturauswertung der Informationsstelle für Unternehmensführung (IFU) im LandBauTechnik - Bundesverband e.V. (Quartal 2/2014)
- [3] -, -: Lemken - Unsere Produktpalette wird weiter wachsen, Eilbote Nr. 21/2014, S. 19
- [4] Autorenkollektiv: Definition von Bodenbearbeitungs- und Bestellsystemen, KTBL 2014, [www.ktbl.de](http://www.ktbl.de)
- [5] Brunotte, J.: Bodenbearbeitung - Für jeden ist etwas dabei, Eilbote Nr. 22/2014, S. 10-13.
- [6] -, -: Internetauftritt des Unternehmens Horsch, Deutschland, 01/2015, <http://www.horsch2.com>
- [7] -, -: Internetauftritt des Unternehmens Lemken, Deutschland, 01/2015, <http://www.lemken.com>
- [8] -, -: Internetauftritt des Unternehmens Amazone, Deutschland, 01/2015, <http://www.amazone.de>
- [9] -, -: Väderstad, Schweden, Neuheiten 2014, Eilbote Nr. 42/2014, S.18f.
- [10] -, -: Internetauftritt des Unternehmens Kuhn, Frankreich, 01/2015, <http://www.kuhn.de>
- [11] -, -: Internetauftritt des Unternehmens Pöttinger, Österreich, 01/2015, <http://www.poettinger.co.at>
- [12] -, -: Maisanbauflächen nach Bundesländern, DMK (Deutsches Maiskomitee) 2014, <http://www.maiskomitee.de>
- [13] Steiner, K.: Neue Entwicklungen bei der mechanischen Unkrautbekämpfung, LOP, 11/2014, S.32-37
- [14] Becherer, U.: Besonderheiten und Trends der Bodenbearbeitung in Biobetrieben, Vortrag (Bioland e.V.), Kolloquium Bodenbearbeitung, 25.-26.09.2014, TU Dresden
- [15] -, -: Internetauftritt des Unternehmens DalBo, Dänemark, 01/2015 <http://www.dal-bo.com>
- [16] Stark, C.: Technik Bodenbearbeitung bei hohen Geschwindigkeiten, Vortrag (Väderstad GmbH), Kolloquium Bodenbearbeitung, 25.-26.09.2014, TU Dresden
- [17] -, -: Internetauftritt des Unternehmens Greentec A/S (Spearhead), Dänemark, 01/2015 <http://www.greentec.eu>
- [18] -, -: Kampf dem Maiszünsler, Bericht zum DMK (Deutsches Maiskomitee) - Praktikertag, Eilbote Nr. 48/ 2013
- [19] -, -: Internetauftritt des Unternehmens Müthing, Deutschland, 01/2015 <http://www.muething-mulcher.de>
- [20] -, -: Internetauftritt des Unternehmens Kelly MPH, Dänemark, 01/2015 <http://www.kellymph.eu>



- [21] -, -: Internetauftritt des Unternehmens Eco-Mulch, Frankreich, 01/2015 <http://www.eco-mulch.com>
- [22] -, -: Internetauftritt des Unternehmens CMN Maskintec A/S, Dänemark, 01/2015  
<http://www.en-cmn.sk3.dk>

---

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Herlitzius, Thomas; Grosa, André: Bodenbearbeitungstechnik. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2014. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2015. S. 1-12

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055053>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/187.html>

## **Sätechnik**

Till Meinel,  
Institut für Landmaschinentechnik und Regenerative Energien, Fachhochschule Köln

### **Kurzfassung**

Aktuelle Entwicklungen in der Drillsaat dienen der Verbesserung der Längsverteilung bei der Aussaat von Getreide und Raps. Die Sensorik zur Kornerfassung und Gutstromüberwachung mit dem Ziel einer weiteren Automatisierung der Saat- und Düngerablage bildet einen weiteren Entwicklungsschwerpunkt. Ein neues System zur Fahrerentlastung bei der Einstellung und Bedienung der Maschinen wird vorgestellt. Im Bereich Einzelkornsaat wird ein komplett neu entwickeltes System mit geregelter Korntransport in das Schar präsentiert. Weitere Entwicklungen betreffen die reduzierte Bodenbearbeitung zur Aussaat von Zuckerrüben sowie die Erkennung von Feinsaaten mittels optischer Sensoren.

### **Schlüsselwörter**

Drillsaat, Einzelkornsaat

## **Seeding Technology**

Till Meinel,  
Institute of Agricultural Engineering and Renewable Energies, Cologne University of Applied Sciences

### **Abstract**

Recent developments in drilling technology will improve the longitudinal distribution during sowing of cereals and oilseed rape. Sensors for particle detection and flow monitoring for further automation of the seed and fertilizer placement are a further development focus. A new system for driver relief during calibration and operation of the machines is presented. For precision sowing, a completely newly developed system is presented with a controlled seed transport into the coulter. Other developments include reduced tillage for sowing of sugar beet and the detection of small seeds with optical sensors.

### **Keywords**

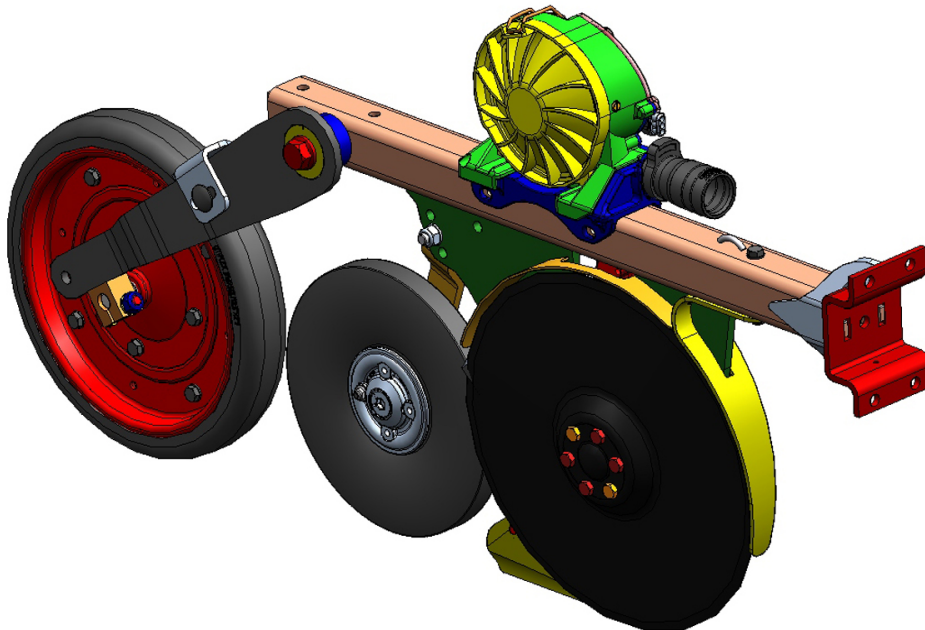
Drilling, precision sowing

## Einleitung

Die Sätechnik trägt im modernen Landwirtschaftsbetrieb weiterhin entscheidend zu hohen Pflanzenerträgen und Betriebsergebnissen bei. Die Anwender möchten optimale Standgenauigkeiten der Pflanzen im Feld bei zunehmenden Arbeitsgeschwindigkeiten erzielen und gleichzeitig von Kontroll- und Überwachungsaufgaben während der Arbeit entlastet werden. Dieses Ziel erfordert die Optimierung der Sätechnik in Bezug auf hohe Geschwindigkeiten sowie den Einsatz intelligenter Elektronik in allen Teilbereichen der Saat- und Düngerablage.

## Drillsaat

Das von Horsch entwickelte Einzelkorndosiersystem mit dem Ziel der verbesserten Längsverteilung bei der Aussaat von Getreide und Raps wurde weiter optimiert, getestet und in seinen technischen Einzelheiten vorgestellt [1]. Jede Säreihe enthält ein von einem DC-Motor angetriebenes Vereinzlungsaggregat mit einer austauschbaren Vereinzlungsscheibe (**Bild 1**). Das Aggregat puffert den vom Verteiler kommenden zeitlich unregelmäßigen Saatgutstrom und gibt anschließend eine definierte Anzahl von Körnern pro Umdrehung an das Säschar ab. Jede Säreihe verfügt über einen Controller (Reihen-ECU), der die Motordrehzahl, basierend auf der gewünschten Aussaatmenge (Körner pro Fläche) und der aktuellen Fahrgeschwindigkeit, regelt. Die Reihencontroller sind über CAN-Bus mit der ECU der Sämaschine verbunden. Weiterhin verfügt jede Säreihe über zwei Sensoren: Ein Piezosensor an der Saatleitung zwischen Verteilerkopf und Schar zählt die Körner und sendet dieses Signal via Sensor- ECU an den Maschinen- CAN-Bus. Ein weiterer optischer Sensor erfasst den Kornabstand zwischen Vereinzlung und Auftreffpunkt in der Furche.



**Bild 1:** Schematische Darstellung einer Säreihe mit Vereinzlungsaggregat [1]

**Figure 1:** Schematic overview seed row unit with singling system [1]

Die Regelalgorithmen sind flexibel gestaltet. In der einfachsten Form erfolgt die Regelung der Motordrehzahl ausschließlich auf der Basis von Aussaatmenge und Fahrgeschwindigkeit. In weiteren Ausbaustufen werden die Sensorsignale verwendet, um die Drehzahl der Vereinzelungsscheibe zusätzlich entsprechend des aktuellen Pufferfüllgrades zu variieren. Ergebnisse von Labor- und Feldversuchen zeigen, dass das System den Variationskoeffizienten der Kornlängsverteilung von 90–100 % auf 15–45 % reduzieren kann. Im Labor sind 15–25 % möglich, die Werte hängen stark von der Qualität des Saatgutes ab. Die Piezosensoren erreichten im Laborversuch 98 % Zählgenauigkeit. In Feldversuchen zeigte sich weiterer Entwicklungsbedarf, insbesondere bei den optischen Sensoren beim Einsatz im Raps.

MSO bietet den Mikrowellensensor "SeeDector" jetzt als komplettes Überwachungssystem für verschiedene Einsatzmöglichkeiten an. Unter der Bezeichnung "SeedMon" kann das System den Gegebenheiten der Maschinen angepasst werden und sowohl zur Saatflussüberwachung bei Drillmaschinen als auch zur Blockadeerkennung bei der Reihendüngung, z.B. bei der Maisaussaat, zum Einsatz kommen [2 bis 4]. Die Sensoren werden außen auf die vorhandenen Sä- oder Düngerschläuche montiert und bilden dadurch keine zusätzlichen Verstopfungsmöglichkeiten. Das Messprinzip der Durchflussmessung basiert auf dem Dopplereffekt. Frequenz und Amplitude des resultierenden Schwebungssignals aus gesendeten und am Fördergut reflektierten elektromagnetischen Wellen werden ausgewertet. Die Frequenz korreliert mit der Flussgeschwindigkeit und die Amplitude mit der Menge der Körner. Das System erkennt Verstopfungen bereits im frühen Stadium, was besonders für die Rapsaussaat von Vorteil ist. Das verwendete Messprinzip macht den Sensor unempfindlich gegen Ablagerungen und Verschmutzungen im Schlauch.

Amazone stellt mit dem TwinTerminal 3.0 ein System zur Fahrerentlastung beim Kalibrieren der Cirrus 03-Sämaschinen vor (**Bild 2**). Bedienung und Dateneingabe für den Kalibriervorgang sind damit direkt an der Maschine möglich, weshalb das mehrfache Ab- und Aufsteigen vom bzw. auf den Traktor entfällt [5].



**Bild 2:** TwinTerminal 3.0 [5]

**Figure 2:** TwinTerminal 3.0 [5]

## Einzelkornsaat

In Deutschland wurden 2013 knapp 3 Mio. ha mit Einzelkornsämaschinen bestellt, gegenüber ca. 8 Mio. ha bestellter Fläche im Drillsaatverfahren (**Tafel 1**). Mehr als 85 % der im Einzelkornverfahren bestellten Fläche entfielen auf Mais.

**Tafel 1:** Flächen für Einzelkornsaat in Deutschland 2013 [6;7]

**Table 1:** Areas for precision seeding in Germany 2013 [6;7]

Fruchart <i>Crop</i>	Anbaufläche [1.000 ha] <i>area [1.000 ha]</i>
Körnermais/CCM <sup>*1</sup> <i>Corn/CCM<sup>*1</sup></i>	495,8
Silomais <sup>*1</sup> <i>Corn for silage<sup>*1</sup></i>	1995,1
<u>Mais gesamt</u> <u><i>Corn total</i></u>	<u>2490,9</u>
Zuckerrüben <i>Sugar beet</i>	345,2
Ackerbohnen <i>Field beans</i>	15,8
Feldgemüse <i>Vegetables</i>	20
Gesamt <i>Total</i>	2871,9
übrige Drillsaaten <i>remaining crops for seeding</i>	ca. 8000

<sup>\*1</sup> vorläufige Werte, *temporary values*

Einzelkornsämaschinen haben in den vergangenen Jahren eine starke technische Weiterentwicklung erfahren. Wichtige Gründe hierfür sind z.B. der wachsende Flächenanteil der Einzelkornsaat in Deutschland und dessen Nachbarländern, die Förderung der Engsaat bei Mais, der Einsatz von Hybridsaatgut bei Raps, sowie die zunehmende Verfügbarkeit elektrischer Antriebe und ISOBUS- Technologien.

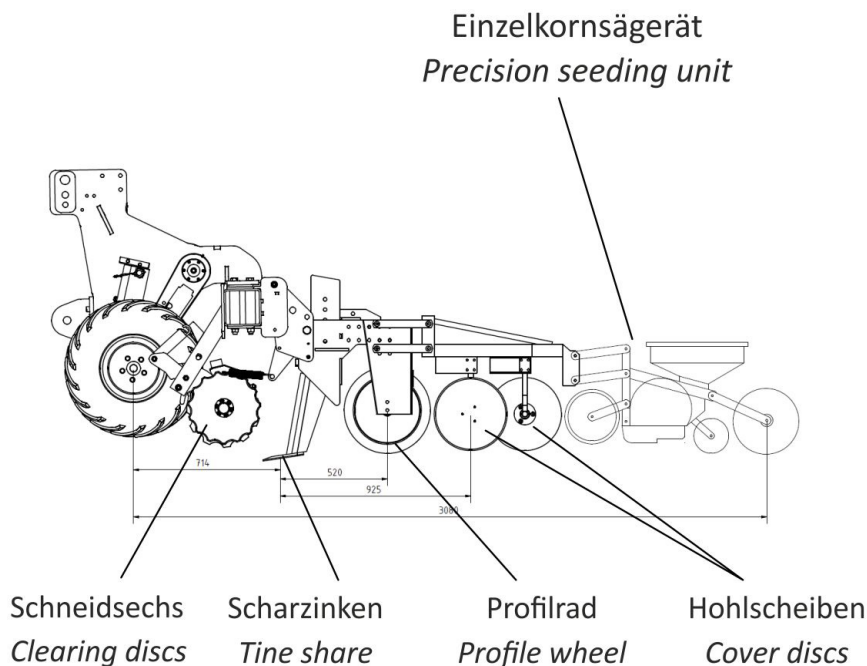
In den letzten Jahren gab es verstärkte Bemühungen der Hersteller, die Arbeitsgeschwindigkeit bei der Einzelkornsaat weiter zu erhöhen, ohne die Ablagegenauigkeit zu beeinträchtigen. Dabei konzentrierten sich die Konstrukteure auf die Verbesserung der Prozessgenauigkeit nach dem Lösen der Körner von der Säscheibe (Amazone, Horsch, Lemken, Väderstad) [8 bis 10].

John Deere stellte 2014 ein neu entwickeltes Vereinzlungssystem mit der Bezeichnung "ExactEmerge" vor, das zur SIMA 2015 mit einer Goldmedaille ausgezeichnet wurde [11]. Die Kornvereinzlung erfolgt pneumatisch mit Unterdruck. Neu und bisher einmalig am Markt ist ein umlaufendes Bürstenband, das die vereinzelteten Körner in das Schar transportiert (**Bild 3**). Dadurch soll die beim Vereinzeln erzielte exakte Kornverteilung bis zum Ablagepunkt am Furchengrund erhalten bleiben. Jedes Säaggregat verfügt über zwei bürstenlose Elektromotoren, die die Säscheibe und das Bürstenband separat antreiben. Der Hersteller gibt für dieses System eine gleichbleibende Ablagegenauigkeit bis 16 km/h (10 mph) an [12].



**Bild 3:** Vereinzelungssystem ExactEmerge  
**Figure 3:** Singulation system ExactEmerge

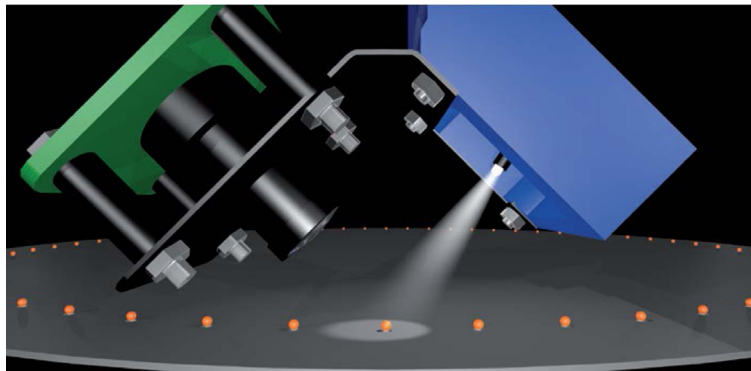
Schulze-Lammers und Schmittmann entwickelten ein Schlitzsägerät für die einphasige Aussaat von Zuckerrüben [13; 14]. Das Gerät lockert den Boden tiefgründig (bis 25 cm) in der Reihe, um günstige Voraussetzungen für die Wurzelentwicklung bei Pfahlwurzeln zu schaffen. Es verfügt im vorderen Bereich über Schneidseche, Lockerungszinken, Profilrad und Hohl-scheiben (**Bild 5**). Anschließend folgt ein serienmäßiges Einzelkornsägerät mit Mulchsaatausrüstung, die Gesamtlänge der Maschine beträgt 3 m.



**Bild 5:** Schlitzsägerät für Zuckerrüben [13]  
**Figure 5:** Strip-till seeder for sugar beets [13]

Das System wurde in zwei Versuchsjahren in den Anbauvarianten Strohmulch und Senf (Vorfrucht Gerste, flache Stoppelbearbeitung) mit dem betriebsüblichen Anbau (Pflugeinsatz und Sekundärbodenbearbeitung) verglichen. Es zeigte sich, dass das Verfahren trotz der geringeren Bearbeitungsintensität vergleichbare Rüben- und Zuckererträge erzielen kann.

Kverneland entwickelte das zur Agritechnica 2013 vorgestellte optische Überwachungssystem für Feinsaatgut weiter (**Bild 4**). Das System erkennt neben Fehlstellen mittels einer permanenten Kalibrierung und Echtzeit-Bildverarbeitung auch Doppel- und Dreifachbelegungen. Dies dient der Einsparung des oft sehr teuren Saatgutes [15].



**Bild 4:** Kamergestütztes Überwachungssystem für Feinsaatgut "Vlcheck" [15]

**Figure 4:** Camera based monitoring system for fine seeds "Vlcheck" [15]

Die variable Tiefenablage bei der Maisaussaat, basierend auf einer Echtzeit - Feuchtemessung des Bodens, wird in [16] vorgestellt. Ein kapazitiver Sensor [17] ermittelt den Bodenfeuchtegehalt in 5 cm Tiefe und liefert die Eingangsgröße für die Regelung der Ablagetiefe im Bereich 1 - 3 in (2,5 - 7,5 cm). Erste Feldversuche ergaben jedoch keine signifikanten Ertragsunterschiede durch die Regelung der Ablagetiefe, was nach Meinung der Autoren auf die feuchten Witterungsbedingungen im Frühjahr zurückzuführen ist. Die Versuche werden fortgesetzt.

Koller et al. analysierten mit einem dreidimensionalen Messsystem das Flugverhalten einzelner Maiskörner nach dem Abwurf von der Säscheibe an einem Vereinzelungsaggregat John Deere Pro-Series XP [18]. Eine Hochgeschwindigkeitskamera zeichnet die Trajektorien der Körner in zwei Ebenen auf, wobei eine Ebene mittels eines Spiegels in die Filmebene geklappt wird. Die im Feld auftretenden Vertikalbeschleunigungen simulierte man durch die Montage der Messeinrichtung auf einem Schwingtisch. Das System ist geeignet für die Messung der Vereinzelungsgenauigkeit und zeigte deutliche Unterschiede zwischen zwei verwendeten Säscheiben.

Gürsoy untersuchte die Wirksamkeit von Row Cleanern bei der Mulchsaat von Mais mit Geschwindigkeiten von 5 - 6,5 km/h [19]. Durch die Verwendung dieser Baugruppe verbesserten sich Feldaufgang und Standgenauigkeit. Bei Erhöhung der Geschwindigkeit zeigten die Row Cleaner eine verbesserte Wirkung. Dazu wurden die Parameter Masse der geräumten Pflanzenrückstände an der Oberfläche und Masse der Pflanzenrückstände in der Furche (hairpinned residue) ausgewertet.



## **Zusammenfassung**

Kornerfassung und Gutstromüberwachung sind aktuelle Entwicklungsschwerpunkte bei Drillmaschinen. Mikrowellensensoren zur Gutstromüberwachung haben mittlerweile Marktreife erreicht und können wahlweise in pneumatischen Drillmaschinen oder in Reihendüngerstreuern bei der Einzelkornsaat genutzt werden. Ein System zur Einzelkornsaat von Getreide und Raps mit piezoelektrischer Körnerzählung und aktiv geregelter Kornvereinzelung befindet sich im Vorserienstadium. Hohe Standgenauigkeit bei der Maisaussaat mit Geschwindigkeiten bis 16 km/h unter Mulchsaatbedingungen sind das Ziel eines neu entwickelten Vereinzelungssystems mit zwei separaten elektrischen Antriebsmotoren und einem Bürstenband für den geregelten Korntransport in das Schar. Weitere aktuelle Entwicklungen zur reduzierten Bodenbearbeitung bei der Aussaat von Zuckerrüben sowie optische Sensoren für die Erkennung von Fehl- und Doppelbelegungen bei der Vereinzelung von Feinsaaten wie Gemüse, Blumen und Heilkräuter werden vorgestellt.



## **Literatur**

- [1] Rothmund, M.; et al.: Approach for a single seed precise control system for small grains based on Piezo-electric and optical sensors. VDI-MEG Tagung Landtechnik 19.-20. November 2014 Berlin, In: VDI-Berichte 2226, S. 215-220. Düsseldorf: VDI-Verlag 2014.
- [2] -, -: SeedMon. Blockademonitor-System zur Sämaschinenüberwachung mit MSO See-Dector Sensoren. Produktinformation MSO Meßtechnik und Ortung GmbH, Bad Müstereifel, 2013.
- [3] Küper, J. M.: Sicherer mit Sensor. top agrar 43 (2014) H.8, S. 108-109.
- [4] Böhrnsen, A.; Holtmann, W.: Späte Überraschungen ausgeschlossen. Profi 27 (2015) H.1, S. 92-95.
- [5] -, -: Comfort-Paket mit TwinTerminal 3.0 für die Sämaschinen Cirrus 03. Presseinformation August 2014, AMAZONEN-WERKE H. DREYER GmbH & Co. KG, Hasbergen-Gaste.
- [6] -, -: Statistisches Jahrbuch 2013, Statistisches Bundesamt 2014.
- [7] -, -: Anbauflächen 2013, URL <http://www.zuckerverbaende.de/zuckermarkt/zahlen-und-fakten/eu-zuckermarkt/zuckererzeugung.html> - Aktualisierungsdatum: 03.02.2014.
- [8] -, -: Tempo. Prospekt, Väderstad-Verken AB 2013.
- [9] -, -: EDX. Prospekt, Amazonen-Werke H. Dreyer GmbH & Co. KG 2013.
- [10] -, -: Maestro. Prospekt, Horsch Maschinen GmbH 2013.
- [11] Bournigal, J. M.; et al: Innovation in Agro-Equipment and the main trends of SIMA-SIMAGENA 2015. Online verfügbar unter <http://www.simaonline.com/> (abgerufen am 23.01.2015).
- [12] -, -: ExactEmerge and MaxEmerge5 Row Units. Prospekt, John Deere 2014.
- [13] Schulze-Lammers, P.; Schmittmann, O.: Schlitzsägerät für die einphasige Aussaat von Zuckerrüben. Landtechnik 69 (2014) H.3, S. 139-142.
- [14] Schulze-Lammers, P.; Schmittmann, O.: Entwicklung eines Schlitzsägerätes für Zuckerrüben und Ergebnisse von mehrjährigen Feldversuchen. VDI-MEG Tagung Landtechnik 19.-20. November 2014 Berlin, In: VDI-Berichte 2226, S. 209-214. Düsseldorf: VDI-Verlag 2014.
- [15] -, -: Vlcheck, Prospekt, Kvernelandgroup Soest GmbH 2013.
- [16] René-Laforest, F.; et al.: Variable Depth Planting of Corn. 2014 ASABE and CSBE/SCGAB Annual International Meeting Montreal, Quebec Canada, July 13 – 16, 2014. Paper Number: 141912822.
- [17] Mastorakos, M.: Development of a capacitance-based sensor for on-the-go soil moisture measurements. In: Transactions of the Fourth International Symposium on Soil Water Measurement Using Capacitance, Impedance and TDT, Montreal, Quebec, Canada, 16-18 July 2014.

- [18] Koller, A.; et al.: Test method for precision seed singulation systems. Transactions of the ASABE Vol. 57(5), 2014, S. 1283-1290.
- [19] Gürsoy, S.: Performance Evaluation of the row-cleaner on a No-Till planter. Transactions of the ASABE Vol. 57(3), 2014, S. 709-713.

---

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Wissenschaftliches Review / Scientific Review**

Erfolgreiches Review am 10.02.2015

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Meinel, Till: Sätechnik. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2014. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2015. S. 1-9

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055056>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/190.html>

## **Mineraldüngung**

Bernd Scheufler,  
Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur, Hochschule Osnabrück  
Nobert Uppenkamp  
Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen

### **Kurzfassung**

In den zurückliegenden Jahren konnte die Schlagkraft zunehmend gesteigert werden, große Arbeitsbreiten und hohe Fahrgeschwindigkeiten haben in der Praxis Einzug gefunden. Auf der Agritechnica wurden von verschiedenen Herstellern Streuer mit mikroelektronisch gesteuerten Teilbreitenschaltungen präsentiert. Genaue GPS-Systeme sind erforderlich. Die Dünge-Verordnung liegt als Entwurf vor. Es gilt, Umweltbelastungen zu vermeiden.

### **Schlüsselwörter**

Düngetechnik, Düngung, Precision farming

## **Fertilizing**

Bernd Scheufler,  
Faculty of Agricultural Sciences and Landscape Architecture, Hochschule Osnabrück  
University of Applied Sciences  
Nobert Uppenkamp  
Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen

### **Abstract**

Over the past years, the power of impact was increased, large working width and high driving speeds found their way into practice. At the trade fair Agritechnica several manufacturing companies were presenting spreaders with microelectronically controlled part width section controls. Precise working GPS-systems are essential. As a draft, the fertilization ordinance is available. Avoiding environmental impact is imperative.

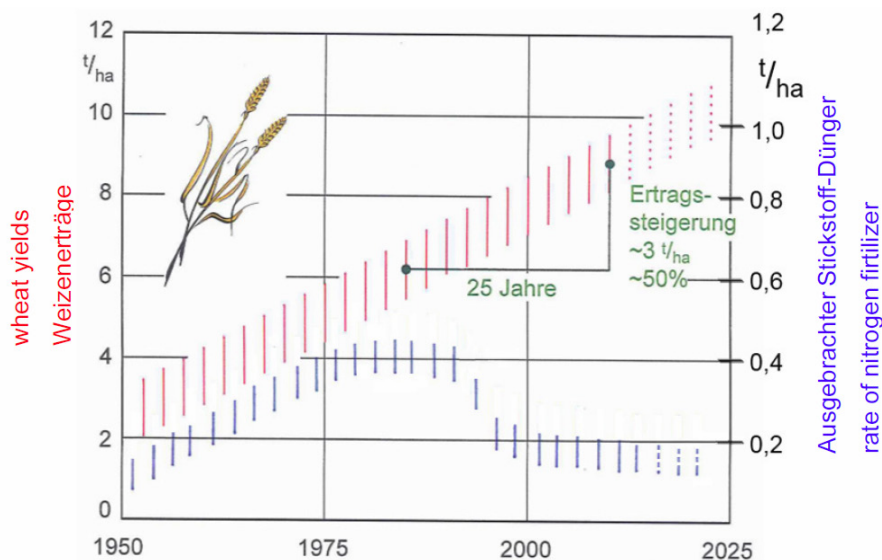
### **Keywords**

Fertilizing, precision farming

## Düngung und Ertrag

In der Zeitspanne von 1978 bis 1982 wurde die ausgebrachte Stickstoffmenge europaweit deutlich reduziert und bewegt sich seit dem auf einem konstanten Niveau (Bild 1). Trotz der dann über Jahre gleichbleibend konstant gehaltenen Stickstoffmengen konnten die Erträge laufend gesteigert werden. Ursachen sind u.a. dafür:

- Saatzucht
- Saat – Qualität der Ablage
- Pflanzenschutz – Mittel und Qualität der Verteilung
- Düngung – Qualität der Verteilung
- Prozesskette - Saat bis Ernte



**Bild 1:** Ertrag von Weizen und Verbrauch von Stickstoffdünger in Mitteleuropa

**Figure 1:** Wheat yields and consumption rate of nitrogen fertilizer in Central Europe

Speziell in Deutschland wurden in der Saison 2013/14 1,65 Mio. t Stickstoff, 28400 t Phosphor und 421000 t Kali in Form von Mineraldünger auf den landwirtschaftlichen Flächen ausgebracht [1]. Die ausgebrachte Menge beträgt gegenwärtig etwas über 100 kg Stickstoff pro Hektar.

Die Qualität der Düngerverteilung auf den Feldflächen wurde durch Einsatz hochwertiger Ausbringtechnik in den letzten Jahren ständig verbessert. Der Einsatz von elektrischen Systemen war dabei sehr hilfreich, automatisierte Arbeitsabläufe lassen sich somit realisieren. Die Fahrer von Traktoren und Geräten werden entlastet die Qualität des Arbeitsergebnisses deutlich verbessert.

## Qualität der Ausbringung

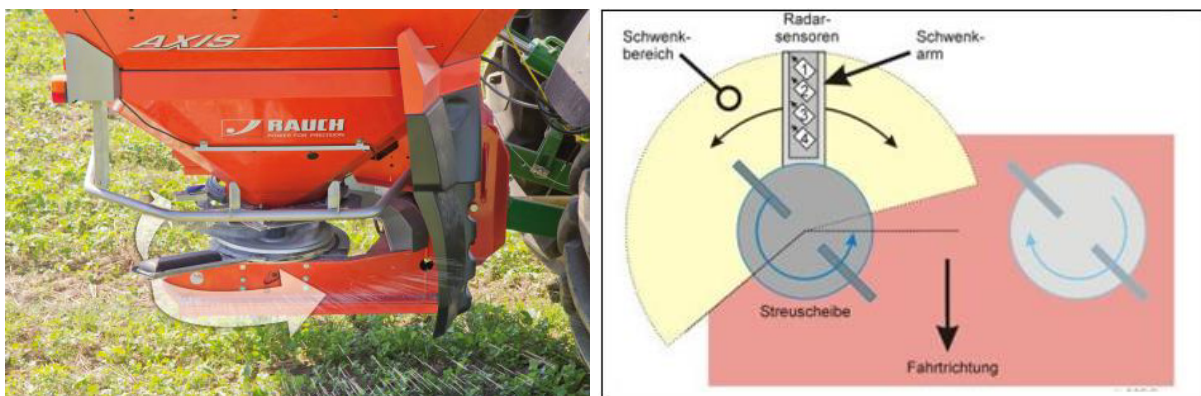
Die Verwertbarkeit des Düngers durch die Pflanzen hängt in sehr starkem Maße von der Qualität der Ausbringung ab. Folgende Einflussfaktoren wirken sich dabei aus:

- Einstellungen an der Maschine, sodass Ausbringmenge und Querverteilung optimal angepasst sind
- bedarfsorientierte Nährstoffverteilung auf der Ackerfläche
- angepasste Verteilung in Grenzbereichen und ungleichmäßigen Überlappungszonen

Düngerstreuer werden zunehmend mit Wiegevorrichtung ausgestattet. Das bedeutet, Abdreihproben sind nicht mehr erforderlich, durch ständiges Auswerten von Messwerten, werden die erforderlichen Einstellwerte fortlaufend korrigiert und die gewünschten Ausbringmengen exakt angepasst.

In der Vergangenheit hat es technische Lösungsansätze gegeben, um mithilfe von Sensoren auch die Querverteilung des Düngers zu bestimmen. Mit dem Justax von Sulky – Burel wurde der Streufächer punktuell elektroakustisch abgetastet, mit dem Argus von Amazone erfolgte eine Bildauswertung. Die beiden Systeme wurden nicht richtig marktreif.

Eine neuartige Lösung bietet der Radarsensor Axmat von Rauch. Mithilfe von Radarsensoren, die auf einen Schwenkkran montiert sind, wird der gesamte Streufächer während der Ausbringung abgetastet. Der Schwenkarm befindet sich unterhalb der Streuscheibe (Bild 2). Bei einer Verlagerung des Streufächers infolge sich ändernder Streueigenschaften – z. B. zunehmende Feuchte – wird dann durch Verlagerung des Ausgabepunktes des Düngers auf der Streuscheibe der Einstellwert korrigiert. In Verbindung mit der Durchflussmessung EMC – jetzt in hydraulischer oder auch in mechanischer Ausführung – arbeitet der Streuer somit vollautomatisch, lediglich die gewünschte Ausbringmenge, Arbeitsbreite und Düngersorte müssen in den Bordcomputer eingegeben werden.



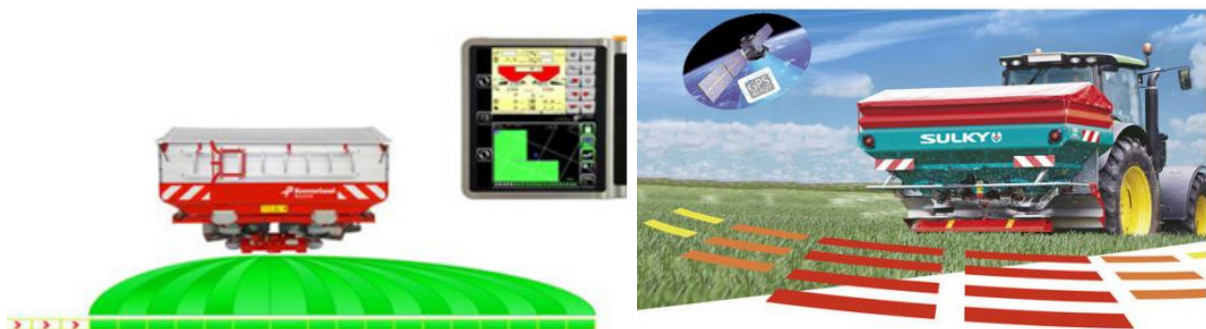
**Bild 2:** Radarsensoren zur Abtastung des Streufächers

**Figure 2:** Radar sensors scanning the spreading fan

Amazone hat nachgezogen und Argus ebenfalls mit Radarsensoren ausgerüstet. Diese sind an einem halbrunden Bügel oberhalb der Streuscheibe angeordnet.

Die teilflächenspezifischen Düngungen in Verbindung mit Applikationskarten hat in den vergangenen Jahren keine größere Marktdurchdringung erlangt, wohingegen der Einsatz von Stickstoff-Sensoren, die online arbeiten, zunimmt. Eine bedarfsgerechte Stickstoffgabe ist in diesen Fällen gewährleistet. Es gibt dazu zahlreiche Veröffentlichungen u. a. [2], [3].

Seit der Agritechnica 2013 bieten die verschiedenen Hersteller technische Lösungen an, die es ermöglichen, dass der Dünger auch in Grenzbereichen und ungleichmäßigen Überlappungszonen gleichmäßig verteilt wird. Das Funktionsprinzip Section – Control, das sich bei Feldspritzen bewährt hat und inzwischen vielfach eingesetzt wird, wurde dabei auf die Zentrifugalstreuer übertragen. Unnötige Überdüngungen werden erheblich reduziert. Bei den Pflanzenschutzspritzen geschieht das, in dem Gestängeabschnitte oder auch Einzeldüsen automatisch vom Terminal geschaltet werden. Die Pflanzenschutzmittel oder auch die Flüssigdünger lassen sich streifenweise exakt voneinander getrennt ausbringen. Das ist bei Zentrifugalstreuern in dieser Form nicht möglich. Durch rechnergesteuertes Zusammenwirken von Dosier – und Aufgabepunktverstellung ist es allerdings machbar, bei der Querverteilung Bereiche, die sich verschieben lassen, zu bilden, in denen Dünger schwerpunktmäßig abgelegt wird. Es gibt allerdings weiche Übergänge zu angrenzenden Zonen. Dennoch ist es damit möglich geworden, eine annähernd gleichmäßige Verteilung auf der Ackerfläche auch auf ungleichmäßigen Feldstücken zu realisieren. Die noch auftretenden Ungleichmäßigkeiten werden sich nicht wesentlich auf den Ertrag auswirken. Mit Einsparungen beim Dünger kann gerechnet werden. Ebenso wird das Risiko von Lagergetreide und ungleichmäßige Abreife der Bestände vermindert. Neben mehreren anderen Systemen soll hier das System GEOspread [4] von Non Kverneland und Egnov von Sulky - Burel [5] genannt werden (Bild 3). Von der Fachzeitschrift „Profi“ wird gegenwärtig ein Vergleichstest vorbereitet, die Ergebnisse sollen zur Agritechnica erscheinen.



**Bild 3:** GPS gesteuerte Teilbreiten

**Figure 3:** GPS-controlled (part width) section control

### Schlagkraft und Flächenleistung

Mit der aktuellen, hochwertigen Düngetechnik ist es möglich geworden, Arbeitsbreiten von 36 m zu realisieren. Fahrgassen mit diesen Abständen werden vorzugsweise in den neuen Bundesländern angelegt. Wenn die Größen der Feldflächen es zulassen, dann sind Arbeitsgeschwindigkeiten von 20 km/h nicht mehr die Ausnahme. Daraus errechnet sich eine theoretische Flächenleistung von 72 ha/h. Rangierarbeiten, Wendemanöver, ungleichmäßige



Flächenstücke und Nachfüllvorgänge führen dazu, dass sich diese Flächenleistung um 25 % - 30 % verringert, es lassen sich aber immer noch 50 ha/h realisieren, entsprechend hoch sind die Tagesleistungen.

Bei einem Behälterinhalten von 3 t, einer Ausbringmenge von 250 kg/ha und der Arbeitsbreite von 36 m kann entsprechend der Gleichung

$$l = m \cdot \frac{10}{Q} \cdot \frac{1}{b}$$

l - Fahrweite [km]

Q - Ausbringmenge [kg/ha]

m - Nutzlast [kg]

b - Arbeitsbreite [m]

eine Wegstrecke von 3,3 km zurückgelegt werden. Bei der Einrichtung von Nachfüllstationen ist dieser Sachverhalt entsprechend zu berücksichtigen.

Die Firma Bogballe präsentierte auf der Agritechnica einen Anbaustreuer mit 6 t Nutzlast (**Bild 4**). Die Wegstrecke ohne nachzufüllen lässt sich somit verdoppeln. Die daraus resultierenden hohen Achslasten (Streuer plus Traktor) und einhergehenden Bodenverdichtungen gilt es vergleichend zu einer gezogenen Alternative zu bewerten.



**Bild 4:** Angebauter Zentrifugalstreuer mit 6 t Nutzlast

**Figure 4:** Mounted centrifugal broadcaster with 6 t load capacity

Mit den vielfältigen Einstellmöglichkeiten bei den modernen Düngestreueren lässt sich die Ausbringung allerdings nur dann optimieren, wenn sie in der Praxis auch eingesetzt werden. Deshalb stehen bei vielen Düngestreuerherstellern Konzepte zur einfachen und intuitiven Bedienung der Geräte im Fokus der Entwicklung. Die zunehmende Verbreitung des Isobus-Systems und die Nutzung des Internets helfen dabei, dem Benutzer über bereits bekannte Bedienkonzepte und aktuelle Informationen die Arbeit auf dem Traktor zu erleichtern. So stellte die Firma Bogballe auf der Agritechnica 2013 das „FREE Concept“ vor, mit dem ein

beliebiger im Betrieb vorhandener Tablet-PC mit Android-Betriebssystem zur Bedienung des Streuers einschließlich der automatisierten Vorgewendeschaltung und der Teilbreitenschaltung genutzt werden kann. Die kabellose WiFi-Verbindung zum „iZURF-Kommunikationsmodul“ erlaubt die freie Positionierung des Tablet-PCs in der Kabine. Über den im Tablet-PC integrierten Internetzugang können direkt Online-Streutabellen und Betriebsanleitungen eingesehen werden oder auch die vorhandene Navigationssoftware zur Fahrt zu unterschiedlichen Einsatzorten genutzt werden. Auch Smartphones finden zunehmend Verbreitung, sei es als Mittler zwischen Bedienterminal und Internet (z. B. Kverneland AutosetApp) oder um direkt Informationen von den Internetseiten der Anbieter zu nutzen. Generell werden Bluetooth und WLAN vermehrt zur kabellosen Kommunikation wie auch zur Datenübertragung eingesetzt.

### **Dünge-Verordnung**

Der Entwurf des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft zur Dünge-Verordnung liegt vor. Bis Mitte des Jahres soll dieser dem Bundestag zur Lesung vorgestellt werden.

#### *Zum Hintergrund:*

Die Dünge-Verordnung (DüV) regelt die Anforderungen an die Ausbringung von Düngemitteln – insbesondere von solchen mit nennenswertem Gehalt an Stickstoff (N) und Phosphor (P).

Die DüV regelt u.a. auch die Ausbringzeitpunkte, (Nicht-)Zielflächen, Ausbringtechnik, Düngeplanung und Dokumentation. Ziel ist es, Umweltbelastungen zu vermeiden – „Gute fachliche Praxis ist das Stichwort“.

#### *Technische Anforderungen an die Geräte sind:*

Die Verteil- und Dosiergenauigkeit (Längs- und Querverteilung) im Sinne EN 13739 sind ab Inkrafttreten der novellierten Düngeverordnung zu erfüllen.

Beim Aufbringen von stickstoff- und phosphorhaltigen Düngemittel ist ein Eintrag in Oberflächengewässer durch einen Abstand von mindestens 4 m zu vermeiden, bei Verwendung einer Grenzstreueinrichtung durch einen Abstand von mindestens 1 m.

Ab 01.01.2020 müssen Mineraldüngerstreuer mit einer Grenzstreueinrichtung ausgerüstet sein, welche die Anforderungen der EN 13739-1, Ausgabe Mai 2012, erfüllt.

### **Elektrische Antriebe**

Auf der Agritechnica 2007 stellte John Deere in Kooperation mit Rauch ein neues elektrisches Antriebssystem vor. Sie nahmen damit eine Vorreiterrolle bzgl. elektrischer Antriebe auf Maschinen und Geräten ein.



Durch eine traktorseitige Bereitstellung einer Mittelspannung von 400 V (Drehstrom) mit einer Leistung von bis zu 20 kW sowie einer leistungsfähigen Niederspannung von 12 V (Gleichspannung) können alle Antriebe des Streuers elektrisch erfolgen.

Gegenwärtig werden von den verschiedenen Traktorenherstellern Konzepte erarbeitet, die von der ursprünglichen Lösung abweichen [8]. Wie das endgültige System aussehen wird, ist noch offen. Es existiert noch keine genormte Schnittstelle, das Thema Arbeitssicherheit ist noch nicht geklärt. Dennoch sind die Gerätehersteller in Wartestellung. Amazone hat beispielsweise als Studie den eSpread Streuer in gezogener Ausführung vorgestellt – eine Leistung von 30 kW bei 700 V Gleichspannung wird genutzt (**Bild 5**).



**Bild 5 :** Studie eines elektrisch angetriebenen Düngerstreuers  
**Figure 5:** Study of an electrically powered (operated) spreader

Die Vorteile elektrischer Antriebssysteme sind:

- sehr einfache Koppelverhältnisse
- sehr schnelle Regelvorgänge
- hohe Wirkungsgrade
- einfache Leistungsverteilung

Es wird allerdings noch längere Zeit dauern, bis ein serienreifes System auf dem Markt angeboten werden kann.

## **Literatur**

- [1] Statistisches Bundesamt; Produzierendes Gewerbe. Düngemittelversorgung. Wirtschaftsjahr 2013/2014. Wiesbaden 2014. URL [https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/IndustrieVerarbeitendesGewerbe/Fachstatistik/DuengemittelversorgungJ2040820147004.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/IndustrieVerarbeitendesGewerbe/Fachstatistik/DuengemittelversorgungJ2040820147004.pdf?__blob=publicationFile)
- [2] Ederle, K. ; Mistele, B.; Schmidhalter, U.: Konkurrenz für's Surfbrett, dlz Agrarmagazin, März 2012, S. 28 -34
- [3] Quakernack, R. : Präzision auf dem Acker; Deutschlandfunk, Beitrag vom 03.11.2013
- [4] Kverneland AS. URL <http://ien.kverneland.com/>. Klepp St., 09.03.2015.
- [6] Sulky-Burel – CS 20005 URL <http://www.sulky-burel.com/home.aspx>. Noyal-sur-Vilaine, 09.03.2015.
- [7] DLG; DLG-Merkblatt 390 „Optische Sensoren im Pflanzenbau“; August 2013
- [8] Rudolph,W.; Kraftakt für den Powerstecker, Eilbote 30/2014, S. 10

## **Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

### **Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Scheufler, Bernd; Uppenkamp, Norbert: Mineraldüngung. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2014. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2015. S. 1-8

### **Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055057>

### **Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/192.html>

## **Technische Möglichkeiten zur Pflanzenschutzmitteleinsparung im Obstbau**

Christoph Kämpfer, Tanja Pelzer, Jens Karl Wegener, Dieter von Hörsten  
Julius Kühn-Institut, Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz, Braunschweig

### **Kurzfassung**

Pflanzenschutzmitteleinsparungen und die Abdriftreduzierung sind wichtige gesellschaftlich und politisch formulierte Ziele. Technische Entwicklungen im Bereich der Applikationstechnik für den Obstbau können dazu beitragen, die Vorgaben zu erfüllen. Der Einsatz von abdriftreduzierten Düsen, Tunnelsprühgeräten, Sensoren zur Laubwandererkennung und Lückenschaltungen, sowie neue Berechnungsmodelle zur Kalkulation des Pflanzenschutzmittelbedarfs sind Ansätze, die in den letzten Jahren verfolgt worden sind und in diesem Beitrag vorgestellt werden.

### **Schlüsselwörter**

Pflanzenschutzmitteleinsparung, Obstbau, Injektordüsen, Tunnelsprühgeräte, Recycling, Laubwandererkennung, Pflanzenschutzmittelvermeidung

## **Technical options for saving plant protection products in fruit-growing**

Christoph Kämpfer, Tanja Pelzer, Jens Karl Wegener, Dieter von Hörsten  
Julius Kuehn-Institute, Institute for Application Techniques in Plant Protection, Brunswick

### **Abstract**

Savings of pesticides and drift reduction are important social and political goals. Technical progress in the field of application techniques may contribute to the achievement of these objectives. The use of low-drift nozzles, tunnel sprayers, sensors for foliage detection and gap switching systems, as well as new computation models are concepts which have been pursued in recent years and which will be described in this paper.

### **Keywords**

Pesticide saving, fruit-growing, injector nozzles, tunnel sprayer, recycling, foliage detection

## **Pflanzenschutztechnik im Obstbau**

In den Hauptanbaugebieten "Altes Land" bei Hamburg und in der Region um den Bodensee haben sich die meisten Betriebe auf den Obstanbau spezialisiert. Dabei dominiert die Apfelproduktion diesen Sektor. Im Jahr 2012 haben von den 7.455 Obstbaubetrieben mit Baumobst 6.074 Betriebe Äpfel produziert. Von den ca. 46.000 ha Baumobst entfielen dabei fast 32.000 ha Anbaufläche auf die Apfelproduktion. Mit einer produzierten Gesamtmenge von 972.000 t erzeugten die Apfelanbauer im Baumobstsegment den höchsten Gesamtertrag [1]. Dabei ist in der modernen Kernobstproduktion der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln eine der wichtigsten Maßnahmen zur Gesunderhaltung der Pflanzenbestände und zur Sicherung der Produktqualität. Daher werden in Deutschland im Obst- und Weinbau sowie anderen Raumkulturen ca. 42.000 Sprühgeräte eingesetzt [2].

Die gesellschaftliche und politische Zielsetzung sieht vor, den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln auf das notwendige Maß zu begrenzen und unnötige Anwendungen zu unterlassen [3]. Parallel dazu soll die Genauigkeit der Applikation verbessert werden, um einen Eintrag von Pflanzenschutzmitteln auf Nichtzielflächen auf ein Minimum zu reduzieren. Die Verbesserung bestehender Verfahren zur Pflanzenschutzmittelapplikation und die Anpassung der Applikation an den Pflanzenbestand sind Möglichkeiten, mit denen diese Zielvorgaben erreicht werden können. Darüber hinaus kann der Anwender unter Verwendung von Einstellhilfen den Pflanzenschutzmitteleinsatz gezielter auf die Obstanlage abstimmen. Der Stand der Technik sowie aktuelle Forschungsarbeiten zur Umsetzung dieser prinzipiellen Möglichkeiten sollen in diesem Beitrag vorgestellt werden.

### *Injektordüsen zur Reduktion der Abdrift*

Die Abdrift von Pflanzenschutzmitteln wird stark durch das von der eingesetzten Düse erzeugte Tropfenspektrum beeinflusst [4; 5]. Bis vor einigen Jahren wurden im Obstbau noch in großer Zahl konventionelle Hohlkegeldüsen eingesetzt. Diese sind jedoch aufgrund ihres feinen Tropfenspektrums drifthanfällig [4]. Seit einiger Zeit werden im Obstbau zunehmend Injektordüsen genutzt, da sie grobe Tropfen erzeugen und somit die Abdrift deutlich reduziert werden kann [5; 6]. Die Bedenken hinsichtlich einer verminderten Wirksamkeit konnten durch zahlreiche Versuche in unterschiedlichen Anbaugebieten entkräftet werden. In den vergangenen Jahren wurden Versuche u.a. mit Standarddüsen (Teejet TXA 80-02, Albus ATR gelb 80-02) und Injektordüsen (Lechler ID 120-015, Lechler ITR 80-015, Albus AVI 80-015, Lechler ID grün 80-015) durchgeführt, um den Einfluss der Düse auf die biologische Wirksamkeit der Pflanzenschutzmittel gegen wichtige Schaderreger (Apfelwickler, Blattläuse, Schorf, Mehltau) im Apfelanbau zu untersuchen. Der Vergleich der Ergebnisse zeigt, dass der Einsatz von Injektordüsen in den meisten Fällen keinen einschränkenden Einfluss auf die biologische Wirksamkeit der Applikationsmaßnahme hat [7].

### *Tunnelsprühgeräte*

Tunnelsprühgeräte applizieren Pflanzenschutzmittel von zwei Seiten (**Bild 1**). Dabei wird die Raumkultur durch die Kollektoren in der Regel von beiden Seiten abgeschildert. Durchdringen überschüssige Pflanzenschutzmitteltropfen den Baum, werden diese von den Kollektoren

aufgefangen und über ein Filter- und Recyclingsystem wieder in den Pflanzenschutzmittelvorratsbehälter zurückgeführt. Damit ist es möglich, Pflanzenschutzmittel einzusparen und den Eintrag in die Umwelt zu reduzieren. In dem mehrjährigen Projekt "Gewässerschonender Pflanzenschutz zur Erhaltung gewachsener Obstbaulandschaften in Deutschland" erreichte ein zweireihiges Tunnelsprühergerät eine Pflanzenschutzmitteleinsparung von durchschnittlich 19 % (maximal 30 %). Ein einreihiges Gerät konnte im gleichen Projekt ca. 48 % Pflanzenschutzmittel im Praxiseinsatz einsparen [8]. Der Grund für diese Differenz ist, dass eine Einstellung der Baumbreite bei einreihigen Geräten genauer durchgeführt werden kann.



**Bild 1:** Einreihiges Tunnelsprühergerät bei der Applikation in einer Obstanlage [27].

**Figure 1:** Application of plant protection products by a single-row tunnel sprayer [27].

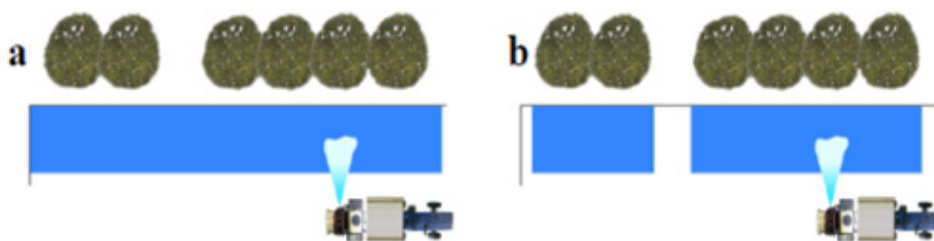
Besonders interessant sind Tunnelsprühergeräte für gewässerreiche Regionen wie dem Alten Land bei Hamburg. Hier gilt die Vorgabe, dass zur Pflanzenschutzmittelapplikation Technik eingesetzt werden muss, die mindestens als 75 % verlustmindernd eingestuft ist. Darüber hinaus müssen in den ersten zwei Randreihen sowohl Luft als auch Düsen gewässerseitig abgeschaltet werden. Dies hat zur Folge, dass diese Randreihen nur einseitig behandelt werden können. Mit dem Einsatz von Tunnelsprühergeräten kann jedoch eine beidseitige Behandlung der Randreihen ohne Abschaltung von Düsen und Luft erfolgen [9].

Ein Nachteil dieser Geräte ist jedoch, dass sie im Vergleich zu Standardsprühergeräten anspruchsvoller in der Bedienung und zudem kostenintensiver sind. Da Tunnelsprühergeräte die zu behandelnde Baumreihe überspannen, müssen sie vom Anwender auf die Höhe der

Obstanlage und die Breite der Baumreihe genau eingestellt werden, um optimale Ergebnisse zu erzielen. Daher eignen sie sich nur für Anlagen bis zu einer maximalen Höhe um 3,5 m. Ein weiterer Nachteil dieser Sprühgeräte ist, dass sie nicht unter Hagelnetzen eingesetzt werden können. Damit eignen sie sich nur bedingt für die Bodenseeregion, in der Hagelnetze häufig genutzt werden. Hinzu kommt, dass Tunnelsprühgeräte größere Vorgewende benötigen. Dies erschwert zum Teil den Einsatz in enger bepflanzten Raumkulturen. Zudem rentieren sich Tunnelsprühgeräte wegen der höheren Anschaffungskosten i.d.R. nur in größeren Betrieben. Nach einer Kalkulation von [8] rechnet sich ein zweireihiges Tunnelsprühgerät erst ab einer Flächenauslastung von 20 ha und einer mittleren Pflanzenschutzmitteleinspar-rate von 25 %.

### *Sensorgesteuerte Lückenschaltung*

Der Baumbestand in zahlreichen Obstanlagen ist zumeist heterogen in Bezug auf Baumhöhen, Laubdichten, Baumabstände und Lücken. Durch den Anbau unterschiedlicher Sorten bzw. Unterlagen, Erziehungsformen, Alter der Anlagen und vereinzelt Nachpflanzungen von Fehlstellen kommt es in Obstbaubetrieben zu dieser Heterogenität. Zudem unterscheidet sich manchmal die Wuchshöhe aufgrund unterschiedlicher Wachstumsbedingungen oder es entstehen Lücken im Bestand durch abgebrochene Äste oder fehlende Bäume. In der bisherigen Vorgehensweise bei der Pflanzenschutzmittelapplikation im Obstbau erfolgt i.d.R. keine Lückenschaltung, da die manuelle Durchführung zu ungenau ist und den Fahrer übermäßig belasten würde. Die Obstanlage wird folglich ohne Abschaltung in der Reihe (egal ob Lücken vorhanden sind oder Bäume fehlen) durchgehend behandelt (**Bild 2a**). Eine mögliche Lösung für dieses Problem stellt der Einsatz von Sensoren am Sprühgerät zur Lückenerkennung im Baumbestand dar. Mit dieser Technik können Fehlstellen detektiert und über einen Jobrechner die Düsen des Sprühgerätes automatisch abgeschaltet werden (**Bild 2b**). Dabei werden Düsen über eine Lückenschaltung entweder einzeln oder in Gruppen angesteuert. Diese Technik bietet zudem weitere Vorteile am Vorgewende, da auch dort automatisch ein präzises ab- bzw. anschalten der Applikation möglich ist, was den Fahrer - insbesondere bei nächtlichen Behandlungen - erheblich entlasten kann.



**Bild 2:** Schematische Darstellung der praxisüblichen durchgehenden Applikation (a) und der Applikation mit Lückenschaltssystem (b) [verändert nach [14].

**Figure 2:** Illustration of continuous application in practice (a) and application with target spray system (b) [14].



Für die Anwendung am Sprühgerät werden bereits seit längerem unterschiedliche Sensorsysteme entwickelt und erprobt. Unter anderem wird an Laser-, Ultraschall-, Kamera- und Infrarotsystemen geforscht [10 bis 14]. Ultraschallsysteme sind im Vergleich zu Laser- und Kamerasystemen deutlich günstiger in der Anschaffung [14], liefern aber häufig eine schlechtere Auflösung, da der Durchmesser des Schallkegels in der Messebene im zweistelligen Zentimeterbereich liegt. Hinzu kommt, dass sich die Sensoren bei zu geringem Montageabstand gegenseitig beeinflussen können. Um diese gegenseitige Beeinflussung zu verhindern, werden am Sprühgerät häufig nur drei Sensoren je Seite mit großem Abstand zueinander genutzt, was zu einer deutlich schlechteren Auflösung des Abtastbereiches führt [14]. Damit kann die Lückenschaltung die Laubwand auch nur in drei grobe Detektionsbereiche unterteilen. Hinzu kommt, dass kleine Lücken schwieriger erkannt werden, wenn das reflektierte Echo der umgebenden Laubwand zu stark ist. Infrarotsensoren sind ebenfalls günstiger als Lasersysteme und liefern zudem eine bessere Auflösung als Ultraschallsensoren, da der Lichtkegel in der Messebene nur einige Zentimeter beträgt. Diese verringert zudem die gegenseitige Beeinflussung, weshalb mehrere Sensoren je Seite genutzt werden können.

Um zu prüfen, welche Sensorsysteme in der Praxis von Relevanz sind, wurde eine Internetrecherche durchgeführt (**Tafel 1**). Marktreife Systeme sind entweder mit Ultraschall- oder Infrarotsensoren ausgestattet. Allerdings verfügen alle Sprühgeräte nur über eine relativ geringe Anzahl an Sensoren je Seite. Dies hat zur Folge, dass jedem Sensor mehrere Düsen zugeordnet werden müssen. Zwei der recherchierten Systeme verfügen nur über einen Sensor je Seite. Diese Systeme können daher nicht als Lückenschaltssysteme gewertet werden, da sie nur sehr große Fehlstellen im Bestand detektieren können. Allerdings können Sie dem Fahrer im Vorgewende assistieren, da die Schaltung der Düsen zu Beginn und am Ende der Baumreihen automatisiert ist. Fehlen ganze Bäume innerhalb einer Reihe, kann ein solches System ebenfalls zu einer Pflanzenschutzmitteleinsparung führen. Um jedoch eine möglichst hohe Einsparung von Pflanzenschutzmitteln zu realisieren, ist es erforderlich, den Baumbestand präziser zu erfassen. Dazu ist eine erhöhte Anzahl von Ultraschall- oder Infrarotsensoren erforderlich.

**Tafel 1:** Im Internet gefundene Sprühgeräte mit Lückenschaltung

**Table 1:** Sprayers with target spray system, which were found in the internet

Produktname	Hersteller	Sensortyp	Sensoranzahl	Quelle
Smartspray	Durand Wayland	Ultraschall	3 pro Seite	[16]
CC Eye 8000	Chemical Containers	Infrarot	4 pro Seite	[17]
ECO Reflex	Müller Elektronik	Infrarot	5 pro Seite	[18]
Tree Sensor Kit	Silvan	Ultraschall	1 pro Seite	[19]
One Shot	Nelson Manufacturing	Infrarot	1 pro Seite	[20]

Andere Systeme verfügen über drei bis fünf Sensoren je Seite. Damit ist es zwar möglich, die Laubwand genauer zu detektieren, allerdings werden jedem Sensor immer noch mehrere Düsen zugeordnet. Die Zuordnung einer Düsengruppe je Sensor führt dazu, dass der Applikationsbereich deutlich über den abgetasteten Bereich des Sensors hinausgeht. Kleine und mittlere Lücken können daher nicht immer von der Applikation ausgespart werden, wenn sie außerhalb des Sensorsichtfeldes liegen, im Sichtfeld des Sensors jedoch die Laubwand detektiert wird.

Existierende Systeme arbeiten zum Teil mit festgelegten Empfindlichkeitseinstellungen, welche sich nicht über eine automatisierte Anpassung durch die Software regeln lassen. Bei Versuchen mit der Eco-Reflex Steuerung wurde festgestellt, dass Zweige und Knospen nicht immer sicher erkannt werden [8].

In einem BLE-Projekt wurde der Ansatz der Lückenschaltung vom Julius Kühn-Institut aufgegriffen und weiter optimiert. Ziel war es, die Schaltung weiter zu verbessern, indem eine sensorgestützte Einzelsteuerung der Düsen realisiert wurde. Damit sollen auch kleine und mittlere Fehlstellen erkannt und von der Behandlung ausgespart werden. Dazu wurde ein Sprühgerät mit Radialgebläse NH 63 der Firma Wanner Maschinenbau GmbH mit Infrarotsensoren und einer automatischen Düsenschalung ausgerüstet.

Das Gerät unterscheidet sich von bestehenden Geräten dadurch, dass jeder Düse mindestens ein Sensor zugeordnet werden kann. Somit kann jede Düse durch die Sensorsteuerung einzeln ab- oder zugeschaltet werden. Erste Versuche unter Praxisbedingungen zeigen, dass die Pflanzenschutzmitteleinsparung in Obstanlagen mit hohem Lückenanteil fast 70 % erreichen kann [13]. Ähnliche Versuche mit dem Lückenschaltssystem Eco-Reflex (fünf Sensoren je Seite) haben in der Vergangenheit Einsparungspotentiale von maximal 43 % in vergleichbaren Obstanlagen erreichen können [20]. Versuche, bei denen ein Lückenschaltssystem mit Laserscanner genutzt wurde, haben je nach Art und Alter der Obstanlagen Einsparungen von 46 % bis 68 % erzielt [22].

Es ist allerdings zu beachten, dass diese Werte für einzelne Obstanlagen bestimmt wurden. Um zu klären, wie hoch die Einsparung im Mittel über die gesamte Vegetationsperiode ist, müssen Ergebnisse über mehrere Jahre auf unterschiedlichen Standorten gewonnen werden. Versuche mit der Lückenschaltung Eco-Reflex konnten in der Vergangenheit zeigen, dass die Pflanzenschutzmitteleinsparung geringer ausfällt, wenn sie über die gesamte Vegetationsperiode betrachtet wird [8]. Grund hierfür ist, dass sich das höchste Einsparungspotential zu Beginn der Vegetationsperiode ergibt und dieses mit zunehmender Belaubung stark verringert wird, da sich die Lücken im Jahresverlauf verkleinern oder schließen. Für die Betrachtung der Einsparung über die gesamte Vegetationsperiode sind daher mehrjährige Versuche notwendig.

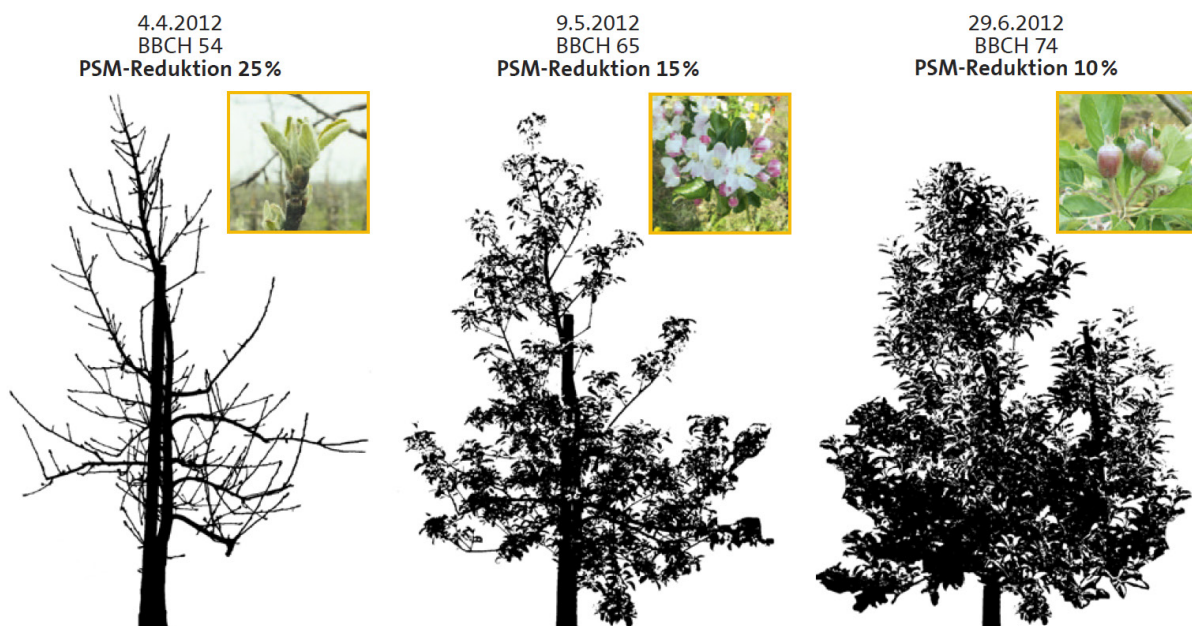
## **Dosiermodelle**

Neben den gerätetechnischen Entwicklungen ist eine laubwandabhängige Pflanzenschutzmittel-Applikation eine weitere Möglichkeit, eine Einsparung im intensiven Obstanbau zu realisieren. Während noch vor einiger Zeit auch im Obstanbau mit einem Flächenbezug appli-



ziert wurde, setzen sich heute verstärkt Berechnungen unter Berücksichtigung der räumlichen Laubstruktur durch. Sowohl in Großbritannien als auch in der Beratung am Bodensee hat man sich bereits intensiv mit der Berücksichtigung der Laubdichte und der Baumhöhe/-tiefe zur Festlegung der Aufwandmenge befasst [23; 24]. Dennoch ist derzeit festzustellen, dass die Pflanzenschutzmittelzulassung in Europa nicht nach einem einheitlichen System geregelt ist und eine langfristige Vereinheitlichung wünschenswert wäre. Die Einstellung der Geräte nach der Einstellanleitung mit Bezug auf die Baum bzw. Belaubungshöhe dient als Grundlage für die Verwendung eines verlustmindernden Gerätes [25]. Diese Parameter alleine berücksichtigen jedoch nicht ausreichend die Belaubungsdichte und -tiefe, die einen großen Einfluss auf die Durchdringung des Baumes mit Pflanzenschutzmitteln haben. In umfangreichen Versuchen (seit 2003) wurde das "Modell zur Anpassung der Pflanzenschutzmittelmenge an die Applikationsbedingungen" in verschiedensten Anlagen, zu unterschiedlichen Zeitpunkten und mit einer Auswahl von Sprühgeräten am Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz im JKI entwickelt. Die Berücksichtigung der geräte- und laubwandspezifischen Parameter ermöglicht eine Kalkulation des zu reduzierenden Pflanzenschutzmittelaufwands. Die gerätespezifischen Parameter werden durch die Tropfenspektren der Düsen, sowie Art und Geschwindigkeit des Luftstroms beschrieben, während die Laubwand in Breite, Höhe und Tiefe charakterisiert wird.

Dieses Modell wurde in einem BLE-Projekt zusammen mit der Obstbauversuchsanstalt (OVA) weiterentwickelt und hinsichtlich der Praxistauglichkeit getestet. Die Einsetzbarkeit des Dosiermodells und die Errechnung des reduzierten Pflanzenschutzmittelaufwands wurden in mehreren Praxisbetrieben mit unterschiedlichen Geräten und in verschiedenen Anlagen getestet. In **Bild 3** ist dargestellt, um wie viel Prozent der Aufwand an Pflanzenschutzmitteln auf Grundlage des Modells gesenkt werden kann.



**Bild 3:** Bestimmung der Belaubungsdichte und mögliche Pflanzenschutzmitteleinsparung nach Errechnung [26].

**Figure 3:** Determination of foliage density and calculated pesticide savings [26].

So sind Einsparungen zum Beginn der Vegetation von 25 % und am Vegetationsende von 10 % möglich. Deutlich wird, dass mit steigender Laubdicke die Einsparung abnimmt. Untersuchungen in Praxisbetrieben im Jahr 2012 konnten keinen erhöhten Mehltau- und Schorfbefall gegenüber der herkömmlich ermittelten Pflanzenschutzmenge nachweisen [26].

### **Zusammenfassung**

Bei der Applikationstechnik im Obstbau geht die Entwicklung nach wie vor in Richtung Abdriftreduzierung und Pflanzenschutzmitteleinsparung. Durch präzisere Applikationstechniken und effizientere Pflanzenschutzmittelanwendung sollen die gesellschaftlich und politisch formulierten Ziele zur Entlastung des Naturhaushalts erreicht werden. Die Herausforderungen bestehen darin, den Pflanzenschutzmittelaufwand exakt an die Charakteristik des Baumbestandes anzupassen. Neue und weiter verbesserte Sensorsysteme können dazu beitragen. Zukünftige Sprühgeräte mit Lückenschaltung werden in der Lage sein, die applizierte Pflanzenschutzmenge eigenständig an die Gegebenheiten in der Obstanlage anzupassen.

## **Literatur**

- [1] Statistisches Bundesamt: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Landwirtschaftliche Bodennutzung – Baumobstflächen 2012. Im Internet unter [https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/LandForstwirtschaft/ObstGemueseGartenbau/Baumobstflaechen2030314129004.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/LandForstwirtschaft/ObstGemueseGartenbau/Baumobstflaechen2030314129004.pdf?__blob=publicationFile), Abrufdatum: 05.01.2015.
- [2] Wehmann, H.-J.: Inspection of Pesticide application equipment (PAE) in use -Survey in European countries. Persönliche Kommunikation vom 06.01.2015.
- [3] Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft: Nationaler Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. In: Bundesanzeiger BAnz AT 15.05.2013 B1, 2013.
- [4] Nuytens, D.; Taylor, W.A.; De Schampheleire, M.; Verboven, P. und Dekeyser, D.: Influence of nozzle type and size on drift potential by means of different wind tunnel evaluation methods. Biosystems Engineering 103 (2009), S. 271–280.
- [5] Nuytens, D.; Baetens, K.; De Schampheleire, M. und Sonck, B.: Effect of nozzle type, size and pressure on spray droplet characteristics. Biosystems Engineering 97 (2007), S. 333–345.
- [6] Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen: Obstbau - Kulturführung und Pflanzenschutz. 16. überarbeitete Auflage. Münster: Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen (2014).
- [7] Höhn, H.; Kuske, S.; Schweizer, S. und Naef, A.: Einfluss von Driftreduktionsmaßnahmen. Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau (2014) H.7, S. 8-11.
- [8] Ganzelmeier, H.; Schmidt, K.; Dröge, K.; Lamprecht, S.; Süss, A. und Bischoff, G.: Gewässerschonender Pflanzenschutz zur Erhaltung gewachsener Obstbaulandschaften in Deutschland. Journal für Kulturpflanzen 64 (2012), S. 41-61.
- [9] Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft: Verordnung über die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in bestimmten Gebieten von Hamburg und Niedersachsen (Altes Land Pflanzenschutzverordnung) vom 25. April 2013. In: Bundesanzeiger BAnz AT 02.05.2013 V1, 2013.
- [10] Brown, D.L.; Giles, D.K.; Oliver, M.N. und Klassen, P.: Targeted spray technology to reduce pesticide in runoff from dormant orchards. Crop Protection 27 (2008), S. 545-552.
- [11] Hocevar, M.; Sirok, B.; Jejic, V.; Godesa, T.; Lesnik, M. und Stajniko, D: Design and testing of an automated system for targeted spraying in orchards. Journal of Plant Diseases and Protection 117 (2010), S. 71-79.
- [12] Xiongkui, H.; Aijun, Z.; Yajia, L. und Jianli, S.: Precision orchard sprayer based on automatically infrared target detecting and electrostatic spraying techniques. International Journal of Agricultural and Biological Engineering 4 (2011), S. 35–40.

- [13] Kämpfer, C.; Huhs, J. Ralfs; J.-P., Görgens M. und Pelzer, T.: Untersuchung zur Mitteleinsparung durch eine optimierte Lückenschaltung. In JKI (Hrsg.): 59. Deutsche Pflanzenschutztagung Kurzfassungen der Beiträge, 23.-26. September 2014 Freiburg, Julius Kühn Archiv 447, S. 95-96.
- [14] Escolà Agustí, A.; Camp Fera-Carot, F.; Solanelles Batlle, F.; Llorens Calveras, J.; Planas de Martí, S.; Rosell Polo, J.R.; Gràcia Aguilà, F.; Gil Moya, E. und Val Manterola, L.: 2007. Variable dose rate sprayer prototype for dose adjustment in tree crops according to canopy characteristics measured with ultrasonic and laser lidar sensors. In: ECPA-European Conference on Precision Agriculture., 03.-06. Juni 2007 Skiatos, S. 563-571.
- [15] Escolà, A.; Planas, S.; Rosell, J.R.; Pomar, J.; Camp, F.; Solanelles, F.; Gracia, F.; Llorens, J. und Gil, E.: Performance of an ultrasonic ranging sensor in apple tree canopies. *Sensors* 11 (2011) H.3, S. 2459–2477.
- [16] -, -: Internetauftritt der Firma Durand Wayland - Smartspray. Im Internet unter [http://durand-wayland.com/spraying/smartspray\\_jb.html](http://durand-wayland.com/spraying/smartspray_jb.html), Abrufdatum: 02.12.2014.
- [17] -, -: Internetauftritt der Firma Chemical Containers - CC-Eye 8000. Im Internet unter <http://www.chemicalcontainers.com/cceye8000.aspx>, Abrufdatum: 03.12.2014.
- [18] -, -: Internetauftritt der Firma Müller Elektronik - Eco-Reflex. Im Internet unter <http://www.mueller-elektronik.de/wp-content/uploads/30303726-02-001.pdf>, Abrufdatum: 27.11.2014.
- [19] -, -: Internetauftritt der Firma Silvan - Tree Sensor Kit. Im Internet unter <http://www.silvan.com.au/products/silvan-spraying-equipment/booms-pumps/bravo-control-cw-sensors-sols-id-23319/>, Abrufdatum: 02.12.2014.
- [20] -, -: Internetauftritt der Firma Nelson Manufacturing - One Shot. Im Internet unter [http://www.nelsonhardie.com/more\\_products.html](http://www.nelsonhardie.com/more_products.html), Abrufdatum: 03.12.2014.
- [21] Ganzelmeier H. und Nordmeyer H: Innovationen in der Applikationstechnik. In: Tiedemann A. v.; Heitefuss R. und Feldmann F.: Pflanzenproduktion im Wandel – Wandel im Pflanzenschutz (2008), S. 138-149. Braunschweig: DPG Selbstverlag.
- [22] Zhu, H.; Chen, Y.; Liu, H.; Shen, Y.; Gu, J.; Ozkna, E.; Dersen, R.; Reding, M.; Ranger, C.; Canas, L.; Krause, C.; Locke, J.; Ernst, S.; Zondang, R.; Fulcher, A. und Rosetta, R.: Laser-guided variable-rate air-assisted sprayer for ornamental nursery and orchard applications. In: Proceedings International Conference of Agricultural Engineering. 06.-10. Juli 2014 Zürich. Im Internet unter: [http://www.geysec.es/ageng2014/eposter/?seccion=index\\_posters](http://www.geysec.es/ageng2014/eposter/?seccion=index_posters), Abrufdatum: 03.12.2014.
- [23] Walklate, P.J. und Cross, J.V.: Regulated dose adjustment of commercial orchard spraying products. *Crop Protection* 54 (2013), S. 65–73.
- [24] Triloff, P.: Verlustreduzierter Pflanzenschutz im Baumobstbau : Abdriftminimierung und Effizienzsteigerung durch baumformabhängige Dosierung und optimierte Luftführung. Dissertation Universität Hohenheim. Stuttgart: Grauer (2011).

- [25] Bäcker, G.; Ganzelmeier, H.; Hauser, R.; Ipach, R.; Kaul, P.; Keicher, R.; Knewitz, H.; Ralfs, J.-P.; Sauer, E.; Schenk, A.; Schmidt, K.; Stieg, D. und Stauss, M.: Sachgerechte Einstellung und Handhabung von Sprühgeräten im Obstbau. Im Internet unter [http://www.jki.bund.de/fileadmin/dam\\_uploads/\\_AT/pr%C3%BCfungsbegleitende\\_Forschung/Einstellung%20und%20Handhabung%20von%20Spr%C3%BChger%C3%A4ten%20Obstbau.pdf](http://www.jki.bund.de/fileadmin/dam_uploads/_AT/pr%C3%BCfungsbegleitende_Forschung/Einstellung%20und%20Handhabung%20von%20Spr%C3%BChger%C3%A4ten%20Obstbau.pdf). Abrufdatum: 08.01.2015.
- [26] Pelzer, T. und Huhs, J.: Laubwandangepasste Applikation: Weniger Pflanzenschutzmittel im intensiven Apfelanbau. Besseres Obst (2014) H. 3, S. 32-35.
- [27] Knewitz, H.: Effektiver Pflanzenschutz durch moderne Applikationstechnik. Im Internet unter <http://www.dlr-rheinpfalz.rlp.de/internet/global/themen.nsf/514c58a76a079447c12573a1003a5d31/e73dfcc5b469cc33c12572d80035a3e2?OpenDocument> Abrufdatum: 09.01.2015

---

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Wissenschaftliches Review / Scientific Review**

Erfolgreiches Review am 30.01.2015

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Kämpfer, Christoph; Pelzer, Tanja; Wegener, Jens Karl; von Hörsten, Dieter: Pflanzenschutzmitteleinsparung im Obstbau. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2014. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2015. S. 1-11

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055060>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/194.html>

## **Halmgutmähen und Halmgutwerben**

Steffen Hanke,  
Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, Technische Universität Braunschweig

### **Kurzfassung**

Der Absatz von Mähwerken, Schwadern und Wendern ist auf einem hohen Niveau leicht rückläufig. Der Trend in Richtung schlagkräftigere Maschinen setzt sich weiter fort, wobei das wichtigste Kriterium aus Sicht der NutzerInnen weiterhin die Futterqualität ist. Diese hängt nicht allein von der Einzelmachine, sondern auch vom Zusammenspiel der einzelnen Verfahrensschritte ab. Einige Innovationen wie z.B. ein selbst schärfendes Schneidsystem oder die Kombination von Kamerasystemen zur Wilderkennung wurden vorgestellt. Im Bereich der Grünlandtechnik besteht somit weiter Forschungs- und Entwicklungsbedarf.

### **Schlüsselwörter**

Mähwerke, Wender, Schwader

## **Mowing and Treatment of Hay**

Steffen Hanke,  
Institute of Mobile Machines and Commercial Vehicles, Technische Universität Braunschweig

### **Abstract**

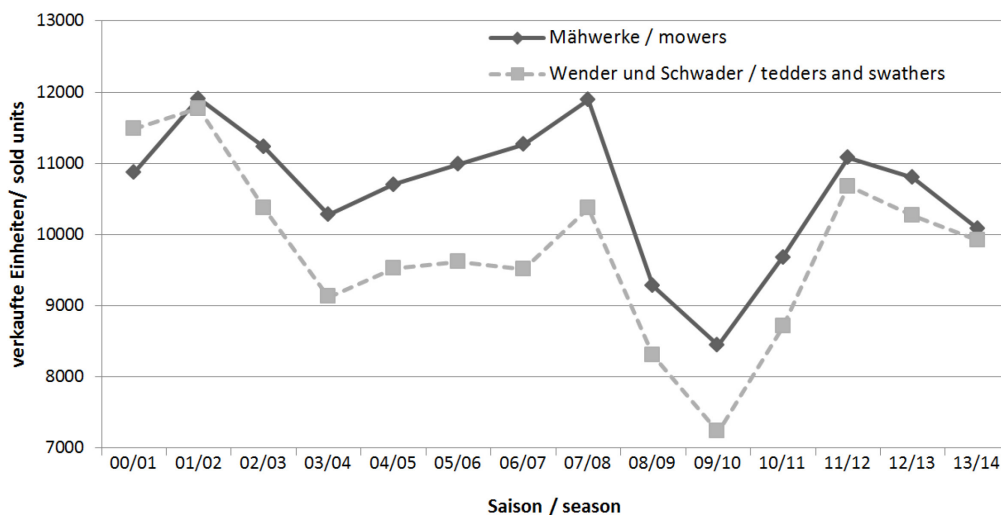
Sales of mowers, tedders and swathers in germany are at a high level, but there was a slight fall in the last year. The trend is towards efficient machinery, but the most important criterion is feed quality. This does not just depend on a single machine, but also on the interaction of all participating machines in the process chain. Further innovations have been launched, for example self-sharpening cutting system or the combination of different camera systems for a reliably detection of wild animals. There is need for R&D in the area of grassland technology.

### **Keywords**

Mowers, tedders, swathers

## Markt- und landwirtschaftliche Situation

In der Grünfüttererntechnik gibt es nach Jahren mit zweistelligen Zuwachsraten, eine Abschwächung der Marktlage. Die Verkaufszahlen der Mähwerke sanken im Vergleich zum Geschäftsjahr 2012/13 um ca. 7 % auf 10.080 verkaufte Exemplare, wohingegen die Wender und Schwader einen Rückgang um ca. 4 % auf 9.913 Stück verzeichneten (**Bild 1**). Für das nächste Jahr wird von einer Stabilisierung des Marktes ausgegangen. Aufgrund des Wegfalls der europäischen Milchquote geht der VDMA von einer zurückhaltenden Investitionsplanung aus. Das Ergebnis einer Umfrage zum zukünftigen Marktanteil von Schwadern zeigt einen Rückgang der Arbeitsbreiten unter 5 m von 25 % auf 5 % und oberhalb der 9 m eine Steigerung von ca. 12 % auf ca. 25 % auf. Zwischen diesen beiden Werten gibt es eine stärkere Ausprägung beim Absatz in Richtung 9 m Schwader [1 bis 3].



**Bild 1:** Verkaufszahlen in Deutschland von Mähwerken, Wendern und Schwadern erstellt nach [1]  
**Figure 1:** Sales of mowers, tedders and swathers in Germany according to [1]

Neben den bekannten Herstellern, die als Full- oder Long-Liner angesehen werden können, tritt die Firma Kubota über die Marken der Kvernelandgroup als Hersteller von Futtererntemaschinen auf dem europäischen Markt in Erscheinung. In den USA werden diese Produkte auch unter der Marke Kubota angeboten. In Deutschland erhält der Hersteller Samasz durch die Partnerschaft mit der Firma Saphir Rückenwind beim Vertrieb und bei der Ersatzteilversorgung [4 bis 6].

Der Markt für Biolebensmittel wächst sowohl in den USA als auch in Europa. Mit 38 Mio. ha biologisch bewirtschafteter landwirtschaftlicher Fläche im Jahr 2012 hat sich die Anbaufläche seit 1999 mehr als verdreifacht. Rund zwei Drittel der Gesamtfläche dienen als Grünland oder Weidefläche. Die größten Flächen befinden sich in Australien und Neuseeland (12 Mio. ha), Europa (11 Mio. ha) und Lateinamerika (7 Mio. ha). Bioanbau kann derzeit jedoch noch als Nischenmarkt bezeichnet werden und ist den wohlhabenden Ländern der EU oder Nordamerika vorbehalten [7].

## **Belastungen und abzuleitende Anforderungen seitens der NutzerInnen**

### *Belastungen*

Arbeitszeitspitzen sind in der Landwirtschaft ein bekanntes Thema und sehr stark wetterabhängig. Aus Diskussionen auf der BLU-Fachtagung in Melle geht hervor, dass die Lohnunternehmer unter entspannten Erntebedingungen einen Arbeitstag mit Arbeitszeiten von 6 – 20 Uhr verstehen. Die Lohnunternehmer sind bemüht, einen Zweischichtbetrieb in ihren Betrieben zu organisieren, was nicht immer gelingt. Neben festen MitarbeiterInnen arbeiten sehr viele Aushilfen bei den Lohnunternehmern, sodass dort unter Umständen ein Verhältnis 1:1 (feste MitarbeiterInnen : Aushilfen) entstehen kann. Die Überstunden können in der Hochsaison zwischen 200 und 400 Stunden liegen. Überwiegend findet eine Vorabplanung des Nachfolgetages statt, sodass die FahrerInnen am Abend vorher wissen, was auf sie am nächsten Tag zukommt [8].

### *Anforderungen seitens der NutzerInnen*

In einer Umfrage, durchgeführt von der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, wurden 7000 TeilnehmerInnen zu den wichtigsten Anforderungen an die Grünlandtechnik befragt. Die entscheidenden Faktoren sind eine minimale Futtermverschmutzung (78 % d. Befragten) sowie die hohe Schlagkraft der Maschinen (14 % d. Befragten). Das Futtermverschmutzungsproblem wird dabei auf die Maschinen Schwader und Mähwerk zurückgeführt. Zur Reduktion der Futtermverschmutzung tragen eine sorgsame Zinkeneinstellung des Schwaders, eine gründliche Grünlandpflege und eine Schnitthöhe oberhalb 6 cm bei. Die Arbeitsqualität hängt nicht allein von der Einstellung der Einzelmaschine ab, sondern wie die Maschinen Mäher, Wender und Schwader zueinander abgestimmt sind. Dabei ist zu beachten, dass die LandwirtInnen selbst das Mähen übernehmen wollen, weiterführende Arbeiten wie Schwaden oder Häckseln aber auf Lohn durchgeführt werden sollen. Der Engpass in der Grünlanderntekette liegt beim Zeten. Dieser Sachverhalt wurde u.a. auf der VDI Tagung "Landtechnik für Profis" diskutiert. Ein weiteres wichtiges Kriterium ist die Zuverlässigkeit der Maschinen, die auch bei jährlichen Flächenleistungen von mehr als 5.000 ha eingefordert wird. Es dürfen keine Ausfallzeiten auftreten, wodurch die Qualität des Gutes negativ beeinflusst wird oder zusätzliche Kosten entstehen. Aus einem Praxistest von Wendern geht hervor, dass diese überwiegend gut funktionieren. Die größten Kritikpunkte waren hierbei die Grenzstreueinrichtung und die Vorgewendeposition der Maschinen, mit der man in alle Ecken auf dem Schlag manövrieren können sollte [3; 4; 9 bis 12].

## **Einsatzbereite Neuvorstellungen sowie Entwicklungs- und Forschungsthemen**

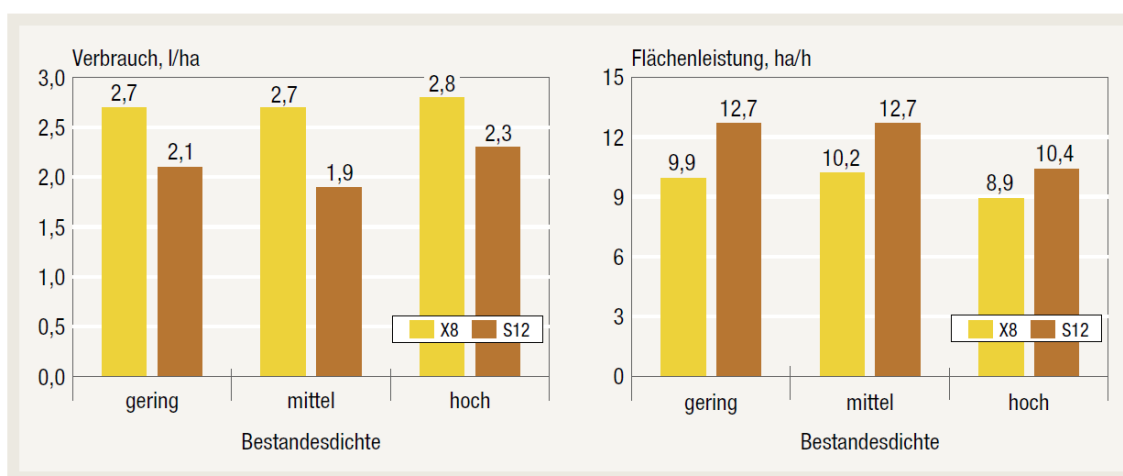
### *Einsatzbereite Neuvorstellungen - Halmgutmähen*

Fella konnte mit dem SM 3065 und 3575 Trans neue gezogene Scheibenmähwerke zeigen, bei dem das Hauptaugenmerk auf einer hohen Aushubhöhe für problemloses Wenden im Vorgewende und eine mittig angelenkte Deichsel gelegt wurde. Dadurch ist ein Mähen in Hanglagen und bei Schichtlinienarbeit möglich. Von der Firma Claas wurden Mähbalken mit dem Namen "Max Cut" vorgestellt. Die besondere Formgebung gewährleistet einen stö-



rungsfreien Gutfluss und einen sauberen Schnitt. Durch einen sogenannten "Tunneleffekt" soll die Selbstreinigung verbessert und eine Futterverschmutzung verringert werden. Die Zwischenstücke zwischen den Mähscheiben wurden zur Verbesserung der Schnittqualität angepasst [13 bis 16].

Das auf der Agritechnica 2013 vorgestellte Novacat S12 von Pöttinger wurde hinsichtlich der Flächenleistung und dem Kraftstoffverbrauch einem Praxistest unterzogen. Es gab Versuchsfahrten mit einem 8,20 m und 11,2 m breiten Mähwerk, um die Auswirkungen der Erhöhung der Arbeitsbreite zu analysieren. Die Versuche wurden mit zwei baugleichen Case IH Puma 160 CVX durchgeführt. Dabei konnte eine Steigerung der Flächenleistung zwischen 16 % und 28 % bei gleichzeitiger Reduktion des Kraftstoffverbrauchs zwischen 18 % und 30 % je nach Bestandsdichte festgestellt werden (**Bild 2**) [17].



**Bild 2:** Systemvergleich eines 8,2 m und 11,2 m Mähwerkes [17]

**Figure 2:** System comparison between 8.2 m and 11.2 m mower [17]

#### *Einsatzbereite Neuvorstellungen - Halmgutwerben*

Einen Weg zur Optimierung der Gesamtarbeitszeit beim Verfahrensschritt Schwaden geht Vicon (Kvernelandgroup) mit Schwadern mit Namenszusatz "Hydro". Die Rüstzeiten sollen durch ein hydraulisch absenkbares Fahrwerk reduziert werden. Beim Umsetzen entfällt das Abklappen bzw. -bauen der Zinkenarme, was einen positiven Einfluss auf die Rüst- und Gesamtarbeitszeit sowie auf den Kraftstoffverbrauch (reduzierte Leerlaufzeit) hat. Einen Schwader nach ähnlichem Ansatz stellte das Unternehmen Claas vor [18; 13].

Für Schwader gibt es vermehrt Angebote, bei denen anstelle von Kreiseln zum Zusammenführen des Gutes eine Kombination aus Pick-Up und Querförderband zum Einsatz kommen. Diese sogenannten Merger oder Bandschwader werden z.B. von Sigma4 (**Bild 3**) oder Kuhn angeboten. Dabei können sie mit geringen Verlusten punkten und das Gut wahlweise mittig, rechts, links oder beidseitig ablegen. Dabei beträgt die Arbeitsbreite bis zu 9,1 m. Bei der Weiterentwicklung von Kuhn standen die steigenden Futterdichten im Vordergrund, wie sie z.B. beim Schwaden von Grünroggen oder Sorghum vorkommen [19; 20].



**Bild 3:** Bandschwader mit Pick-Up und Querförderband [19]

**Figure 3:** Windrow mergers with pick up and cross conveyor [19]

Die Komfortansprüche der Kunden steigen weiterhin. So können sich die NutzerInnen nach Ansicht des VDMA in den nächsten Jahren auf universell einsetzbare ISOBUS-Terminals und mobile Endgeräte einstellen. Diese vernetzten Bedienelemente sind für einen ressourcenschonenden und präzisen Futterernteprozess bedeutend [1].

#### *Entwicklungs- und Forschungsthemen - Halmgutmähen*

Von der Fachhochschule Schmalkalden wurde ein neuartiges Messer konzipiert. Es soll ein generatives Fertigungsverfahren zum Einsatz kommen, bei dem diskrete Einzelschichten nacheinander aufgetragen werden, um einen Volumenkörper herzustellen. Beim zu entwickelnden Mehrschichtverbundkörper werden gezielt bei einem bestimmten Verschleißgrad Schichten abgetragen, sodass eine neue scharfe Klinge zur Verfügung steht. Zur Umsetzung eines solchen selbst schärfenden Schneidsystems sollen weitere Grundlagenuntersuchungen durchgeführt werden [21].

Auf der Grassland & Muck in Großbritannien konnte eine selbstfahrende unbemannte Mähmaschine gezeigt werden. Diese wurde im Rahmen eines 2-jährigen EU-Projektes entwickelt und besteht aus folgenden Baugruppen: Raupenfahrwerk, Antriebseinheit und in der Front angebautes Mähwerk (**Bild 4**). Einsatzgebiete sind besonders nasse und tiefgründige Unterböden. Der Selbstfahrer kann sowohl mittels Fernsteuerung als auch mit GPS-Unterstützung, bei der die Abgrenzung vorgegeben und die Fahrlinie berechnet wird, gefahren werden. Nach Ansicht der Entwickler kann mit einer solchen Maschine mit einem Eigengewicht von 3.000 kg einer zunehmenden Verdichtung des Bodens durch die derzeit eingesetzten schweren Maschinen entgegengewirkt werden. Das Projekt wird von Kongskilde sowie der Aarhus University und der University of Southern Denmark bearbeitet [22; 23].



**Bild 4:** Von Kongskilde vorgestellte selbstfahrende unbemannte Mähmaschine [22]

**Figure 4:** Kongskilde exhibits unmanned Grassbots self-propelled mower [22]

Neben Bodenverdichtungen ist der Tierschutz ein weiteres aktuelles Thema bei der Grünfuternte. Da Wildtiere beim Mähen verletzt oder getötet werden, arbeiten die Jade Hochschule und die Firma Krone zusammen an Kamerasystemen zur Wilderkennung. Dabei sollen die Signale einer Thermalkamera und eines Spektrometers fusioniert werden, um Tiere zu erkennen. Die Einzelsysteme wurden getestet, sind zur Wilderkennung jedoch ungeeignet. Die ersten Versuche mit beiden fusionierten Systemen zeigten jedoch erfolgversprechende Ergebnisse. In einem Forschungsprojekt der BLE wird ein 4-stufiger Ansatz (Suchen-Markieren-Wiederfinden-Retten) zur Rettung von Rehkitzen verfolgt. Die Rehkitze werden mittels eines Multikoptersystems aufgesucht und anschließend durch einen Wildretter mit einem Transponder markiert. Vor der Mahd sollen die Rehkitze wiedergefunden und aus dem zu mähendem Bereich heraus getragen werden [24; 25].

#### *Entwicklungs- und Forschungsthemen - Halmgutwerben*

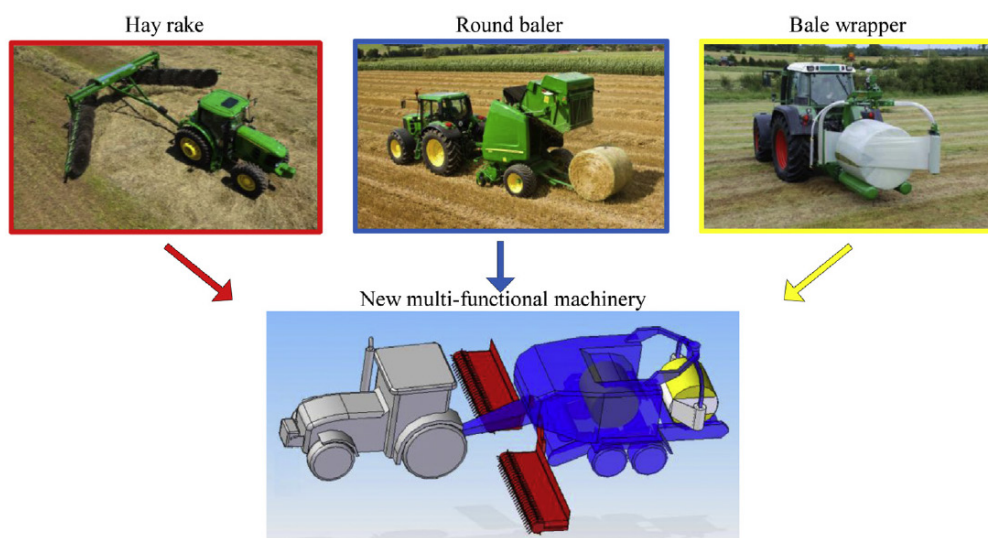
Zur Simulation von Halmgutprozessen mittels der Diskreten Elemente Methode DEM, wurden von der Firma Claas verschiedene Beispiele auf der VDI-Tagung Landtechnik in Berlin vorgestellt. Bei dieser Art der Simulation werden Bindungen zwischen Partikeln definiert und über Bindungsmodelle können Kräfte und Drehmomente für alle Raumrichtungen zu jedem Zeitpunkt eines Halmes berechnet werden. Für die Beispielmachine Schwader konnte der Gutfluss und die Durchmischung der Halme dargestellt werden. DEM ist ein zunehmend wichtiges Forschungsthema an den Forschungseinrichtungen der TU Braunschweig, Universität Hohenheim, TU Dresden sowie FH Köln und Düsseldorf [26 bis 30].

Ein Demonstrator eines elektrifizierten Schwaders wurde vom Unternehmen Claas vorgestellt. Dabei sollen neue Funktionen realisiert und die Schlagkraft erhöht werden. Der Schwader wurde mit insgesamt 6 permanenterregten Synchronmaschinen direkt an den



Schwadgetrieben ausgestattet. Aus bauraumtechnischen Gründen wurden je eine Synchronmaschine an den äußeren und je zwei Synchronmaschinen an den inneren Kreislern verbaut. Die Bereitstellung der Energie erfolgte bei den Feldtests zum einen vom elektrifizierten Traktor und zum anderen von einem zugekauften Frontzapfwellengenerator. Die ersten Feldtests im Jahr 2014 bestätigten die Tauglichkeit und die funktionale Sicherheit des Schwaders. Weiterhin konnte Potential in einer Steigerung der Futterqualität und Entlastung des Fahrers identifiziert werden [31].

Für die Grünfüttererntekette wird ein Kombinationskonzept bestehend aus den drei Einzelschritten Schwaden, Pressen, Wickeln vorgeschlagen. Hierzu wurde in einer Studie ein Versuchsträger entwickelt (**Bild 5**), der die Einzelmaschinen Schwader, Ballenpresse und -wickler beinhaltet. Beim Vergleich der Einzelmaschinen und der "Multi-Funktionalmaschine" wurde eine Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs um 32 % festgestellt [32].



**Bild 5:** Multi-Funktionalmaschine [32]

**Figure 5:** New multi-functional machinery [32]

## Zusammenfassung

Der Absatz von Mähwerken und Schwadern/Wendern ist mit ca. je 10.000 verkauften Einheiten auf einem hohen Niveau. Auf Tagungen und in Diskussionsrunden wurden Belastungen und Anforderungen seitens der Nutzer diskutiert. Als wichtigstes Anforderungskriterium für die Grünlandtechnik wird die Futterverschmutzung angeführt.

Mehrere Innovationen aus Industrie und Forschung wurden im vergangenen Jahr vorgestellt. Dazu gehören z.B. ein selbstschärfendes Schneidsystem, die Kombination von Kamerasystemen zur Wilderkennung oder Fortschritte bei der Simulation von Halmgutprozessen. Die Nutzer können sich in den nächsten Jahren in der Praxisanwendung auf universell einsetzbare ISOBUS-Terminals und Endgeräte einstellen, wodurch es zu einer Reduzierung der Belastung des Nutzers kommt. Weiterhin wird an kraftstoffreduzierenden Maßnahmen gearbeitet [1; 4].

## **Literatur**

- [1] VDMA (Hg.) 2014: Wirtschaftsbericht 2014. Landtechnik. Frankfurt am Main.
- [2] VDMA: Futtererntetechnik ist weniger nachgefragt. Deutscher Landwirtschaftsverlag GmbH, (2014). <http://agrartechnik.agrarheute.com/vdma-futtererntetechnik-ist-weniger-nachgefragt>, Zugriff am 03.12.2014.
- [3] Wilmer, H.: Umfrage Schwadertechnik. profi, (2014), H. 2, S. 72–74.
- [4] Rath-Kampe, J.: Stabile Entwicklung. Markt für Grünfüttererntemaschinen. Agrartechnik, (2014), H. 3, S. 18–21.
- [5] Scott, J.: Kubota Introduces Round Balers, (2014). [http://www.agriculture.com/products-classifieds/product-news/machinery-and-equipment/hay-and-forage-equipment/kubota-introduces-round-balers\\_380-ar45711](http://www.agriculture.com/products-classifieds/product-news/machinery-and-equipment/hay-and-forage-equipment/kubota-introduces-round-balers_380-ar45711), Zugriff am 03.12.2014.
- [6] Gretzmeier, F.: Samasz GigaCut Mähkombination im Test. Agrartechnik, (2014), H. 8, S. 52–53.
- [7] Wolf, M.: "Bio" ist Grünland, nicht Getreide. DLG Mitteilungen, (2014), H. 12, S. 56–58.
- [8] Dörpmund, H.-G.: Diskussion: Arbeitsdruck in der Saison. Lohnunternehmen, (2014), H. 5, S. 12–15.
- [9] Bensing, T.: Blattwender. Sechs Zettwender im profi-Vergleichstest - Teil 1. profi, (2014), H. 11, S. 20–25.
- [10] Gerighausen, H.-G.: Gründland: Grasernte - eine Frage der Einstellung. top agrar, (2014), H. 5, S. 98–101.
- [11] Schlauß, M.: LU-Umfrage: Grünfütterernte 2014. Lohnunternehmen, (2014), H. 5, S. 16–23.
- [12] DLG e.V. (Hg.) 2014: DLG Landwirtschaft Test. Frankfurt /M., DLG-Verlag GmbH.
- [13] Lützen, B. A.: Claas. Neues in Grün. Lohnunternehmen, (2014), H. 8, S. 71.
- [14] Brüse, C.: Feine Technik, elegante Bedienung. Claas Heckmähwerk Disco 9200 Business. profi, (2014), H. 11, S. 46–48.
- [15] -, -: Neue DISCO Generation: Gutes noch besser gemacht. In: Trends 04.14. Praxis-Informationen für Landwirtschaft und Lohnunternehmen, Hg. CLAAS Vertriebsgesellschaft mbH, S. 16–17.
- [16] Fella: Zum Mähen große Flächen. Gezogene Scheibenmähwerke SM 3065 Trans und SM 3575. Eilbote, (2014), H. 8, S. 25.
- [17] Berning, F.: top agrar-Systemvergleich: Was bringt mehr Breite? top agrar, (2014), H. 5, S. 126–27.
- [18] Brüse, C.: Vicon Mittelschwader Andex 904 Hydro. profi, (2014), H. 9, S. 38–39.
- [19] -, -: Mittig oder seitlich. top agrar, (2014), H. 12, S. 71.
- [20] -, -: Schwader mit Förderband. Neuheit Kuhn. dlz - agrarmagazin, (2014), H. 12, S. 79.

- [21] Kißling, A.; Beneke, F.: Beeinflussung von Schnittqualität und Messerverschleiß durch ein neuartiges Messerkonzept mittels additiver Fertigungsverfahren. 72. Tagung Land.Technik, 19. und 20.11.2014, Berlin, S. 507–512, 2014.
- [22] Cousins, D.: Grassland & Muck 2014: Kongskilde exhibits unmanned Grassbots self-propelled mower - Farmers Weekly, (2014). <http://www.fwi.co.uk/machinery/grassland-muck-2014-kongskilde-exhibits-unmanned-grassbots-self-propelled-mower.htm>, Zugriff am 16.12.2014.
- [23] FroboMind Robot:GrassBots.  
[http://www.frobomind.org/index.php/FroboMind\\_Robot:GrassBots](http://www.frobomind.org/index.php/FroboMind_Robot:GrassBots), Zugriff am 25.02.2015.
- [24] Berghaus, A.; Schniederbruns, B.; Luhmann, T.; Piechel, J.; Schwäke, D.: Multispektrale Objekterfassung durch Fusion verschiedener Kamerasysteme. Einsatz von fusionierenden Kamerasystemen zur Wilderkennung bei der Grünfütterernte. 72. Tagung Land.Technik, 19. und 20.11.2014, Berlin, S. 47–52, 2014.
- [25] Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (Hg.) 2014: Innovationstage 2014. Neue Ideen für den Markt.
- [26] Kajtar, P.; Loebe, S.: Diskrete Element Simulation von Halmgut. 72. Tagung Land.Technik, 19. und 20.11.2014, Berlin, S. 59–64, 2014.
- [27] Korn, C.; Herlitzius, T.: Strömungssimulation als Entwicklungswerkzeug in der Mähdruschtechnik. Potenzial, numerische Verfahren und Validierung. 72. Tagung Land.Technik, 19. und 20.11.2014, Berlin, S. 65–73, 2014.
- [28] Sümening, F.; Kemper, S.; Frerichs, L.; Wegener, J. K.: Simulation des Zerkleinerungsprozesses im Schneckenhacker mittels Diskrete Elemente Methode. 72. Tagung Land.Technik, 19. und 20.11.2014, Berlin, S. 75–82, 2014.
- [29] Pfortner, J.; Böttinger, S.: Validierungsstrategie für DEM-Modelle von Mähdrescherbaugruppen. In: VDI-MEG Kolloquium Landtechnik, S. 27–32, 2013.
- [30] Kemper, S.; Lang, T.; Frerichs, L.: Investigations and DEM-Simulation of disc mowers. In: International Commission of Agricultural, 18th World Congress of CIGR, Beijing, China, 2014.
- [31] Tetzlaff, S.: Konzept und Erprobung des elektrischen Antriebsstranges eines Großflächenschwaders. Concept and testing of the electric drive train of a swather. 72. Tagung Land.Technik, 19. und 20.11.2014, Berlin, S. 145–150, 2014.
- [32] Bortolini, M.; Cascini, A.; Gamberi, M.; Mora, C.; Regattieri, A.: Sustainable design and life cycle assessment of an innovative multi-functional haymaking agricultural machinery, (2014). <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.06.054>.

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Wissenschaftliches Review / Scientific Review**

Erfolgreiches Review am 23.02.2015

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Hanke, Steffen: Halmgutmähen und Halmgutwerben. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2014. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2015. S. 1-10

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055063>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/196.html>

## Halmgutbergung

Sebastian Kemper,

Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, Technische Universität Braunschweig

### Kurzfassung

In der Saison 2013/2014 gibt es im Bereich der Halmgutbergetechnik wieder zahlreiche Weiterentwicklungen. Allerdings ist diese Saison auch von schwierigen Umgebungsbedingungen auf dem internationalen Markt, speziell in der Ukraine und in Russland gekennzeichnet.

Weiterentwicklungen bei Rundballenpressen sind unter anderem dadurch gekennzeichnet, dass Folie als Bindematerial wieder wachsende Verbreitung findet. Darüber hinaus erhält das kontinuierliche Pressen ohne anzuhalten wachsende Bedeutung. Die Feldhäcksler Hersteller haben ihre Maschinen in den letzten Jahren größtenteils umfangreich überarbeitet. Nicht nur um die Abgasgrenzwerte einhalten zu können, sondern auch um die Schlagkraft und die Häckselqualität zu steigern. Bei den Ladewagen gibt es ebenfalls einen Trend zu immer schlagkräftigeren Maschinen.

### Schlüsselwörter

Ballenpresse, Ladewagen, Feldhäcksler

## Crop Harvesting

Sebastian Kemper,

Institute of Mobile Machines and Commercial Vehicles, Technische Universität Braunschweig

### Abstract

In the 2013/2014 season numerous developments in the area of forage harvesting machines can be found. However, this season is characterized by difficult conditions on the international market, especially in Ukraine and Russia.

Further developments in round balers show, that film finds growing use as a binding material. In addition, continuous baling machines gain increasing importance. Forage harvester manufactures have redesigned their machines during the last years, to comply emission limits and to increase chopping quality by decreasing fuel consumption. For loader-wagons a trend towards even more powerful machines can be seen.

### Keywords

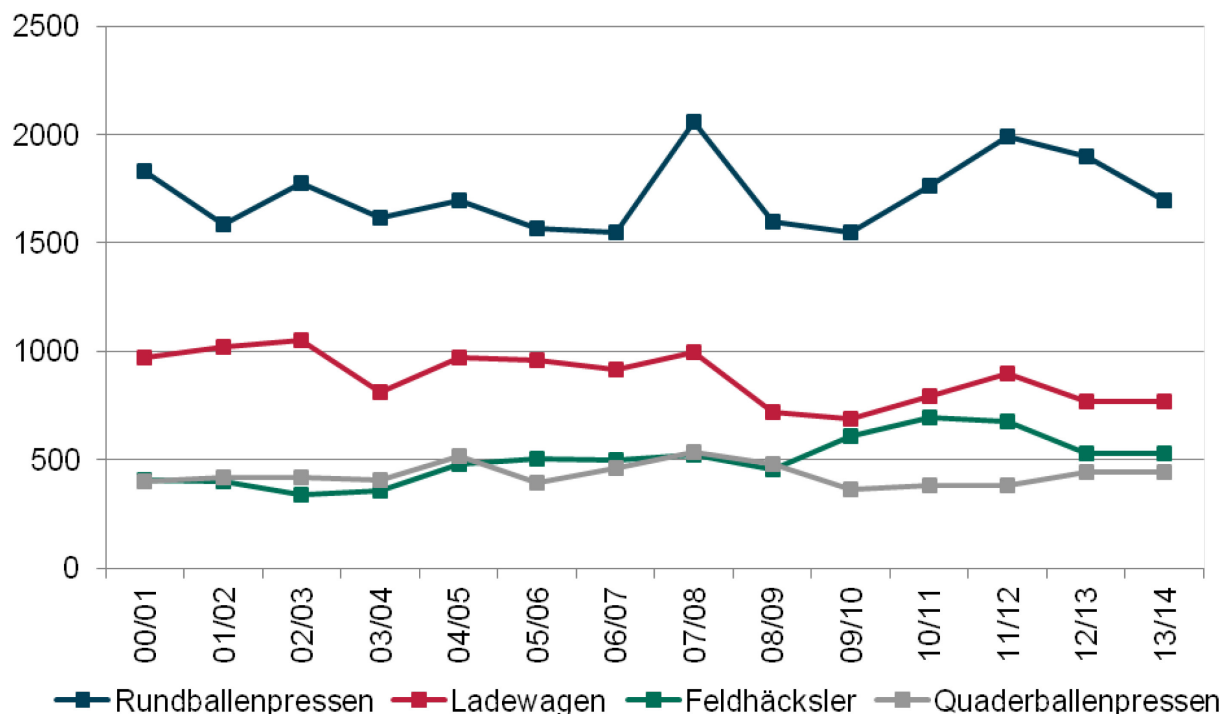
Baler, loader-wagon, forage harvester



## Marktentwicklung

Die Verkaufszahlen für Rundballenpressen, Quaderballenpressen, Ladewagen und Feldhäckslern für den Zeitraum von 2000 bis 2014 sind in **Bild 1** dargestellt. Für den deutschen Markt lässt sich erkennen, dass die Verkaufszahlen von Rundballenpressen gegenüber dem Vorjahr um ca. 10 % auf 1699 Stück gesunken sind. Im Gegensatz dazu sind die Absatzzahlen für Quaderballenpressen um 0,7 % auf 445 Einheiten leicht angestiegen [1].

Die Verkaufszahlen von Ladewagen sind in den vergangenen Jahren in Deutschland mit einem kurzen Zwischenhoch auf relativ konstantem Niveau. In der Saison 2013/2014 ist der Absatz um 0,1 % reduziert auf 770 verkauften Maschinen geblieben. Auch für die zukünftigen Jahre wird von ähnlichen Absatzzahlen ausgegangen, da der Ladewagen bzw. in Kombination als Häckselgutwagen zunehmendes Interesse bei Lohnunternehmern erfährt [2; 3].



**Bild 1:** Verkaufszahlen für Halmgutbergetechnik in Deutschland [1; 2; 4 bis 6]

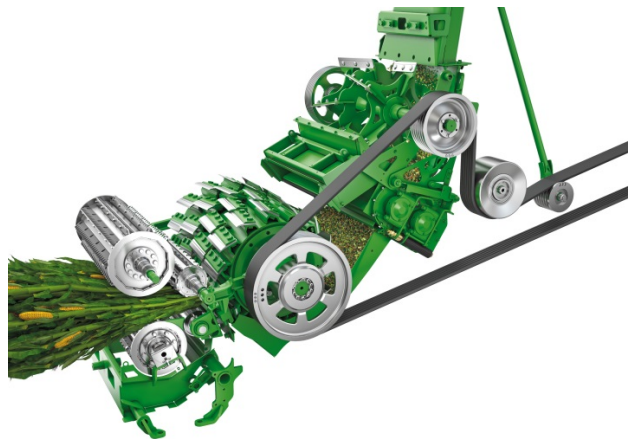
**Figure 1:** Sales figures for crop harvesting machines in Germany [1; 2; 4 to 6]

Der Feldhäcksler-Markt ist nach dem zuletzt deutlichen Einbruch in der Saison 2013/2014 stabil geblieben. Mit 531 in Deutschland verkauften Maschinen lag die Zahl ca. 0,6 % über der vom Vorjahr [4].

Ebenso bedeutend wie die Verkaufszahlen im deutschen Markt sind für die Hersteller internationale Absatzzahlen. Wird das Jahr 2014 betrachtet so gab es vor allem in der Ukraine und Russland große politische Unsicherheiten einschließlich Sanktionen wie Importzölle bzw. -verbote. Die Landtechnikbranche wird von diesen Auswirkungen unterschiedlich stark getroffen.

## Feldhäcksler

John Deere präsentierte 2014 die neuen Feldhäcksler der Baureihe 8000. Die Modelle 8100, 8200, 8400, 8500 und 8600 decken den Leistungsbereich von 297 kW bis 460 kW ab. Die Sechszylinder-Motoren nach der Abgasstufe Tier 4 final bzw. Euro IV weisen 9,0 Liter bzw. 13,5 Liter Hubvolumen auf und stammen von Deere Power Systems. Sie sind längs eingebaut. Die Kühler wurden neu positioniert und befinden sich jetzt in der Mitte der Maschine. Das Hydrauliksystem wurde als Load-Sensing System ausgeführt. Die aus der S- und T-Serie Mähdreschern bekannte Kabine ist nun ebenfalls auf den Feldhäckslern verbaut (s. **Bild 2**). Sie können wahlweise mit Touchscreen-Terminals ausgestattet sein. Im Vorpressgehäuse arbeiten vier Vorpresswalzen, die das Gut der Messertrommel zuführen. Die untere erste Walze soll mit einem aggressiveren Zahnprofil für eine bessere und gleichmäßigere Gutübergabe zwischen Vorsatz und Vorpressgehäuse sorgen. Die Höhe der Zuführung wurde um 25 % vergrößert. Der Vorpressdruck wurde gegenüber der Vorgängerbaureihe um 35 % Prozent erhöht. Die Vorpresswalzen sind hydraulisch angetrieben, um eine stufenlose Schnittlängeneinstellung zu ermöglichen. Je nach Messertrommel liegt die stufenlose Schnittlängenverstellung zwischen 3 mm und 19 mm. Die maximale Schnittlänge beträgt 52 mm. In den Modellen 8100 bis 8500 verwendet John Deere 680 mm breite Häckseltrommeln. Der 8600er ist mit einer 850 mm breiten Trommel ausgerüstet. Alle Trommeln weisen einen Durchmesser von 670 mm und sind entweder mit 48, 56 oder 64 Messern bestückt, die in vier Reihen angeordnet und schräg angestellt sind. Zur schnelleren Abbremsung ist die Messertrommel mit einer hydraulischen Bremse versehen worden [7 bis 13].



**Bild 2:** Neuer John Deere Feldhäcksler der Baureihe 8000, links Einsatzbild und rechts Gutflusskomponenten (nach [14] und nach [15])

**Figure 2:** New John Deere Forage Harvester 8000, left photo, right crop flow components (compare [14] and [15])

Den Gutfluss hat John Deere umfangreich überarbeitet. Der aus der 7000er Serie aufgefallene „Knick“ im Gutfluss wurde entfernt. Auch der Ein- und Ausbau des Corn Crackers wurde maßgeblich verändert. Schwenkt der Cracker aus, wird der Grasschacht zeitgleich eingeschwenkt. Der Cracker-Durchmesser liegt bei 240 mm. Der überarbeitete Wurfbeschleuniger wurde bereits in den letzten 7000er Modellen eingebaut und getestet. Bei den Vorsätzen hat

Kemper wesentliche Entwicklungen wie ein automatisches Kuppeln vorangetrieben. Insgesamt sind die neuen Feldhäcksler je nach Ausstattung um 100 kg bis 800 kg gegenüber der 7000er Baureihe leichter geworden [7 bis 13].

Bei den Feldhäckslern gibt es in den neuen Baureihen eine Bewegung hin zu unterschiedlichen Häckseltrommelbreiten innerhalb der Produktpalette eines Herstellers. Mit Einführung des Krone BiG X 480 bzw. BiG X 500 neben der größeren Baureihe BiG X 600 bis BiG X 1100 bietet Krone Häckseltrommeln mit einer Breite von 630 mm und 800 mm mit einem Durchmesser von 660 mm an. Wie oben genannt weist die John Deere 8000er Baureihe zwei Häckseltrommelbreiten mit einem Durchmesser von 670 mm auf. In Kombination mit der noch im Produktprogramm zu findenden 7000er Baureihe kommt noch eine Häckseltrommelbreite von 805 mm bei einem Durchmesser von 610 mm hinzu [13; 16 bis 18].

Claas hat in diesem Jahr den neuen Maisvorsatz Orbis 600 SD vorgestellt, der für die Jaguar Baureihen 800 und 900 zur Verfügung steht. Der reihenunabhängige und 6 m breite Vorsatz ist mit sechs Scheiben ausgerüstet, wobei die äußeren vier Scheiben kleiner ausgeführt sind. Die außen laufenden Scheiben sind mit Fördertrommeln kombiniert, sodass ein gleichmäßiger Gutfluss erreicht wird. Die beiden großen Scheiben in der Mitte sollen beim Reversieren unterstützen. Vorteile soll dieses Konzept speziell in dünnen und mittleren Beständen bringen. Auch bei kürzer wachsenden Maispflanzen sollen sich laut Hersteller Vorteile ergeben [19].

Für die größeren Vorsätze Orbis 750 und Orbis 900 hat Claas ein integriertes Transportsystem entwickelt, das während des Häckselns am Vorsatz verbleibt. Für die Straßenfahrt klappt das Transportsystem aus und der Auflagedruck bzw. die Transporthöhe werden automatisch eingestellt. Zugelassen ist dieses System bis 40 km/h [19; 20].

## **Ballenpressen**

Die Feuchtemessung spielt in Pressen eine große Rolle. Nicht nur die Schimmel- sondern auch die Brandgefahr sorgen dafür, dass Pressen mit Sensorik zur Feuchteerfassung ausgerüstet werden. Neben den ab Werk verbauten Lösungen einiger Hersteller gibt es auch Nachrüstsätze, wie zum Beispiel das System PFM II von Agreto. Der Feuchtesensor wird bei Quaderballenpressen in der Seitenwand und bei Rundballenpressen unten in der Seiten- oder Heckwand verbaut [21].

### *Quaderballenpressen*

Für 2015 hat John Deere neue Quaderballenpressen angekündigt. Die Pressen L1533 und L1534 sollen die bisherigen Modelle 1433 und 1434 ersetzen. Der Antriebsstrang wurde optimiert und einfacher gestaltet, was laut Hersteller eine Kraftstoffersparnis mit sich bringt. Das Einzugssystem wurde ebenfalls weiterentwickelt. Rotor und Zuführschnecken sollen auch bei hohen Durchsätzen Verstopfungen vermeiden. Angekündigt ist auch ein neues Doppelknotersystem, das von einem Gebläse saubergehalten wird. Die Ballengrößen belaufen sich auf 900 mm x 800 mm bzw. 900 mm x 1200 mm [22; 23].

New Holland stellt mit der BigBaler 230 eine Quaderballenpresse vor, die „kleinere“ Ballengrößen im Vergleich zur BigBaler 330 und 340 produziert. Die Ballenabmessungen belaufen sich auf 2 ft x 3 ft x 8 ft (ca. 600 mm x 900 mm x 2400 mm). Das Erntegut wird von einer Schneideinrichtung mit einem Messerabstand von 114 mm zerkleinert. Die von Case vorgestellten Quaderballenpressen der LB Baureihe (LB 334, LB 424 und LB 434) sind baugleich zu den BigBaler Pressen von New Holland. [24 bis 26].

### *Rundballenpressen*

Bei den Rundballenpressen zeichnet sich ein deutlicher Trend vom absetzigen zum kontinuierlichen Pressverfahren ab. Damit werden die Stillstands- bzw. Wartezeiten zwischen dem Pressen des Ballens und dem Bindevorgang bzw. dem Ablegen überflüssig. Bereits 2011 präsentierte Krone eine kontinuierlich arbeitende Press-Wickelkombination. Eine der Presskammer vorgelagerte Vorpresskammer sammelt das Erntegut und verdichtet es während der Hauptballen gebunden wird (s. [27]).

Auf der SIMA 2015 vorgestellt und mit einer Silbermedaille prämiert wurde die Non-Stop-Festkammer-Press-Wickelkombination von Vicon. Die Presskammer besteht aus einer Vorkammer und einer Hauptpresskammer, die hintereinander angeordnet sind. Die Vorkammer übernimmt dabei zwei Drittel der Ballenformung und –verdichtung. Mit Erreichen eines definierten Pressdrucks in der Vorkammer wird der Gutstrom von der Vorkammer in die Hauptpresskammer geleitet, wobei der Verdichtungsprozess kontinuierlich weiterläuft. Dann wird der vorgeformte und vorgepresste Ballen der Vorkammer ebenfalls an die Hauptkammer übergeben. Ist der Verdichtungsprozess in der Hauptkammer beendet, wird der Gutstrom wieder in die Vorkammer umgeleitet und der Bindevorgang in der Hauptkammer startet. Im Anschluss wird der Ballen nach hinten auf den Wickeltisch übergeben und ein neuer Zyklus startet. Die Ballen weisen einen Durchmesser von bis zu 1250 mm auf. Die Markteinführung dieser Maschine steht noch aus [28 bis 30].

Neben der kontinuierlich arbeitenden Presse stellte Vicon die neue RV 5200 Serie vor. Die mit variabler Presskammer ausgerüsteten Maschinen weisen laut Hersteller eine innovative Netz- und Garnbindung auf. Sobald 90 % der Ballengröße erreicht sind, geht die Netzbindevorrichtung in Wartestellung. Ist die Ballengröße erreicht, schwenkt ein Zuführarm mit dem Netz in die Presskammer und der Bindevorgang beginnt. Die Ballen weisen einen Durchmesser von bis zu 2000 mm und eine Ballenbreite von 1200 mm auf. Die Pick-up ist 2200 mm breit. Die Rundballenpressen sind mit einem Zuführrotor und ggf. einer Schneideinrichtung ausgestattet. Eine neue Softwareanwendung auf der Maschine sorgt für eine optimale Maschineneinstellung für drei voreingestellte Ballendichten [31; 32].

Ebenfalls auf der SIMA mit einem Preis ausgezeichnet wurden die Folienbindungen der McHale Fusion 3 PLUS. Nachdem der Ballen fertig gepresst ist, wird er mit einer mehrlagigen Folie umwickelt, ohne dass der Ballen zuvor mit Garn oder Netz umwickelt wurde. Das neue Folienbindesystem sorgt für eine gleichmäßige Vorstreckung der Folie. Das Strecken der Kammerfolie soll laut Hersteller auch eine bessere Futterqualität mit sich bringen, da die Folie während des Bindevorgangs mehr Luft aus dem Ballen drückt als bei Garn oder Netz [33; 34].

2014 präsentierte Lely zusammen mit Vermeer das Konzept einer kontinuierlichen variablen Rundballenpresse. Die Presskammer wird anstatt mit einzelnen Riemen durch ein Band mit einer Breite von 1200 mm und 22.000 mm Länge gebildet. Sobald ein Ballen fertig gepresst ist, wird er mit Hilfe des maschineninternen Transportsystems zum hinteren Teil der Rundballenpresse befördert und gebunden (s. **Bild 3**). Im vorderen Teil der Maschine startet der Pressvorgang eines neuen Ballens. Das Presskammerband kann sich zeitgleich um zwei ungleichmäßig große Ballen legen, sodass die Vorbereitung eines neuen Ballens parallel zum Bindevorgang des fertig gepressten Ballens erfolgen kann. Nach Abschluss des Bindevorgangs wird der Ballen ausgeworfen und die Presskammer nimmt ihre ursprüngliche Position ein. Mit dieser Maschine sind Ballendurchmesser von 1000 mm bis 2000 mm bei einer Ballenbreite von 1200 mm erreichbar. Die Pick-up ist 2250 mm breit [35; 36].



**Bild 3:** Lely Welger CB Concept Einsatzbild (links) und schematischer Aufbau (rechts) [37; 38]

**Figure 3:** Lely Welger CB Concept photo (left) und schematic structure (right) [37; 38]

New Holland und Case präsentierten Ende 2013 neue Rundballenpressen (Case: RB 455 und RB 465; New Holland: Roll-Belt 150, Roll-Belt 180) für Ballendurchmesser von maximal 1500 mm bzw. 1800 mm mit einer Ballenbreite von 1200 mm. Die Presskammer wird von vier Endlosriemen und fünf Presswalzen gebildet. Für die Ballenbindung werden Netze mit einer Breite von 1300 mm eingesetzt. Die Tasträder der 2000 mm breiten Pick-up brauchen während der Straßenfahrt nicht abgebaut oder eingeklappt werden. Im Sommer 2014 präsentierte New Holland die weiterentwickelten Modelle Roll-Belt mit Active Sweep. Kennzeichnend für die beiden Baureihen ist das Zuführsystem Active Sweep, das als Zuführrotor ausgeführt ist und das Erntegut von der Pick-up in die Presskammer überführt. Das Gut wird aktiv über den Rotor in die Presskammer geleitet. Mit diesem System soll eine Pressdichtensteigerung von 5 % möglich sein [24; 39 bis 41].

Göweil präsentierte seine erste Festkammerpresse G-1 F125. In Kombination mit der G5040 arbeitet die Maschine als Press-Wickelkombination. Kennzeichnend für die Rundballenpresse ist, dass die Pick-up pendelnd aufgehängt ist, wodurch ein Pendelweg von 150 mm entsteht. Der Zuführrotor fördert das Gut oberhalb des Rotors zur Schneideinrichtung. Zur Verdichtung des Guts ist vor dem Rotor ein Rollenniederhalter angeordnet. Kommt es in der Maschine zu Verstopfungen, wird der Schwenkboden hydraulisch nach oben geöffnet. Ein besonderes Merkmal stellt die Doppelbindung dar. Der gepresste Ballen wird von einer Folie

oder zwei Netzen gebunden. Das Bindematerial kann bei einer Einzelbindung vom Terminal auf dem Traktor vorgegeben werden, also entweder Netz oder Folie. Der Ballendurchmesser beträgt 1250 mm [42; 43].

Pöttinger hat die Impress Rundballenpressen vorgestellt. Neben zwei Festkammerpressen wird es auch eine mit variabler Presskammer geben. Alle drei Modelle können auch mit einem Wickler kombiniert werden. Bei diesen Maschinen nimmt der Rotor das Gut nach vorne hin auf. Das Gut wird also oberhalb des Rotors an die Schneideinrichtung übergeben. Die Schneideinrichtung ist mit 31 Messern ausgerüstet und kann zur Wartung seitlich herausgezogen werden. Das Binden erfolgt mit Netz oder Folie [44].

Auf der Agraria Messe in Wels zeigte Deutz-Fahr die Fixmaster 235 MKII. Die Festkammerpresse formt Ballen mit einem Durchmesser von 1250 mm und einer Breite von 1220 mm. Das Gut wird von gesteuerten Zinken aufgenommen und in einer mit 14 oder 23 Messern ausgestatteten Schneideinrichtung zerkleinert. Der Ballen selbst wird von 18 profilierten Stahlwalzen geformt, die von zwei 1 ¼ Zoll Ketten angetrieben werden. Der Ballen wird entweder von Garn gebunden oder gestretchtem Netz umwickelt [45].

Krone hat 2014 die neuen Rundballenpressen Fortima und Comprima vorgestellt. Die Fortima F 1250 Festkammerpresse ist mit der neuen Pick-up EasyFlow ausgestattet, die sich dadurch auszeichnet, dass keine Kurvenbahnsteuerung erforderlich ist. Laut Hersteller sorgt der einfachere Aufbau für reduzierten Verschleiß. Die Drehzahl der Pick-up wird um etwa 30 % gesteigert. Der Ballendurchmesser liegt bei 1,25 m. Die Comprima x-treme Baureihe wurde ebenfalls weiterentwickelt. So wurden wesentliche Baugruppen verstärkt und die Prozessgeschwindigkeiten erhöht. Die Pick-up Drehzahl wurde um 34 % und die des Rotors um 14 % angehoben. Die 2150 mm breite Pick-up wurde an den Seiten verstärkt, was vor allem bei höheren Arbeitsgeschwindigkeiten zu einem stabileren Lauf beitragen soll. Die Gurte der Stab-Gurtförderer wurden bei den Festkammerpressen um 32 mm auf 147 mm und bei den variablen Presskammern um 25 mm auf 115 mm verbreitert. Des Weiteren wurde bei der semivariablen Comprima F 155 XC eine optionale hydraulische Ballendurchmessereinstellung integriert, die die manuelle Einrichtung ablöst. Zudem ist es nun möglich, anstatt der Netzbindung eine Folienbindung einzulegen [46 bis 48].

Bereits 2013 hat John Deere die Festkammer-Ballenpressen der Serie 400 vorgestellt, die ab der Saison 2014 im Einsatz sind. Für kleine Betriebe stehen die beiden Modelle F440E und F450E mit einem Ballendurchmesser von 1200 mm bzw. 1500 mm und einer Ballenbreite von 1200 mm zur Verfügung. Für größere Ballenzahlen entwickelte John Deere die Modelle F440M bzw. F440R mit einem Ballendurchmesser von 1250 mm bis 1350 mm und einer Ballenbreite von 1170 mm. Während bei den kleineren Modellen eine profilierte Walze und ein Stabkettenförderer zum Einsatz kommen, sind in dem großen Modell 17 profilierte Walzen in der Presskammer zu finden. Die Breite der Pick-up variiert über alle Maschinentypen hinweg von 1500 mm bis optional 2200 mm. Hervorzuheben bei den neuen Pressen ist der optimierte Einzug. Das Futter wird von der gesteuerten Pick-up aufgenommen und über einen Rollenniederhalter dem Rotor zugeführt, der bereits in den Pressen mit variabler Presskammer zu finden ist [49; 50].



## Lade- und Kombiwagen

Der Ladewagen findet tendenziell auf eigenmechanisierten Betrieben weniger Anwendung. Demgegenüber steht aber ein zunehmender Trend bei Lohnunternehmern. Dort werden verstärkt große Kombiwagen (Kombination aus Lade- und Häckselwagen) mit Tandem- oder Tridemfahrwerk, Lenkachsen und hydropneumatischem Fahrwerk nachgefragt. Diese werden sowohl in der Grassilage als auch zum Abfahren von Häckselgut eingesetzt. Auch bei der Art der Anhängung ist ein Trend hin zur Kugelkopfanhängung zu erkennen, die eine höhere Verkehrssicherheit verspricht. 400 kg FM/m<sup>3</sup> Raumdichten werden mit Förderrotoren u.a. für möglichst hohe Nutzlasten realisiert [3; 51; 52].

Der irische Hersteller Malone hat den Ladewagen MT35 für kleine bis mittlere Betriebe mit 35 m<sup>3</sup> Fassungsvermögen präsentiert. Die mit einem Tandemfahrwerk ausgestattete Maschine ist laut Hersteller weniger komplex aufgebaut, wozu auch das einfache Hydrauliksystem beiträgt. Mittels zweier Sensoren wird dem Fahrer angezeigt, wann der Kratzboden eingeschaltet werden kann und wann der Wagen entleert ist. Die 2000 mm breite Pick-up fördert das Gut in eine Schneideinrichtung mit 35 Messern [53].

Claas stellt mit der Cargos 8000 Baureihe ebenfalls relativ kleine Kombiwagen vor. Die Baureihe umfasst die Modelle 8300, 8400 und 8500 mit einem Ladevolumen von 30 m<sup>3</sup>, 35,5 m<sup>3</sup> und 41 m<sup>3</sup>. Kennzeichnend ist die aus den größeren Baureihen bekannte Pick-up, allerdings mit hydraulischem Antrieb. 29 gesteuerte Zinken nehmen das Gut auf. Die optional erhältliche hydropneumatische Entlastung soll laut Hersteller für höhere Lebensdauern sorgen und eine reduzierte Verschmutzung bei der Futteraufnahme mit sich bringen. Der Rotor mit einem Durchmesser von 860 mm besteht aus neun Zinkenreihen, deren Zinken aufgeschraubt und schraubenförmig angeordnet sind. In der Schneideinrichtung sind 40 Doppelmesser verbaut, die beidseitig mit einer Klinge versehen sind, sodass durch Drehen der Klinge höhere Einsatzzeiten mit dem Wagen erzielt werden können. Die theoretische Schnittlänge liegt bei 40 mm. Darüber hinaus weisen die neuen Kombiwagen einen hydraulisch absenkbaren Kratzboden auf. Für einen schnellen Messerwechsel wird dieser um 90° nach unten geklappt, für eine optimierte Entladung nach oben. Um das Ladevolumen bestens auszunutzen, kann der Ladevorgang von einer Befüllautomatik unterstützt werden. Dabei wird das Drehmoment der Rotorwelle oder in einfacherer Ausführung nur die Frontklappen-Auslenkung erfasst [54; 55].

Schuitemaker präsentierte 2014 den Rapid 55 mit einem Fassungsvermögen von 31 m<sup>3</sup>. Der Pick-up-Antrieb besteht bei diesem Modell aus einem Zahnradgetriebe und nicht wie bei anderen Schuitemaker Ladewagen aus Ketten. Die Pick-up und der Rotor weisen eine Breite von 1800 mm auf. Die Schneideinrichtung enthält 43 Messer mit jeweils beidseitig angeschliffenen Klingen. Die Maschine ist mit einem Tandemfahrwerk ausgerüstet und laut Hersteller mit knapp 6000 mm Länge relativ kurz [56].

Die Tiefgang-Ladewagen Modelle Mammut und Montana (TL K, TL L, TL E) von GVS Agrar wurden weiterentwickelt. Die Montana Maschinen weisen ein Ladevolumen von 18 m<sup>3</sup> bis 30 m<sup>3</sup> auf und sind mit einem gesteuerten Laderotor ausgerüstet. Die größeren Mammut Modelle mit 28 m<sup>3</sup> bis 46 m<sup>3</sup> Ladevolumen weisen einen Ladeelevators auf, der aus 5 Förder-

schwingen besteht. Damit soll das Futter laut Hersteller lockerer geladen werden können, was sich positiv auf die Qualität von Belüftungsheu auswirken soll [57 bis 59].



**Bild 4:** Neuer Pöttinger Ladewagen Faro 4010 Combiline [60]

**Figure 4:** New Pöttinger loader-wagon Faro 4010 Combiline [60]

Pöttinger stellt die neuen Modelle FARO 4010 L/D Combiline und FARO 5010 L/D vor, wobei der 4010 Combiline (s. **Bild 4**) auch als Häckseltransportwagen eingesetzt werden kann. Das Ladevolumen liegt laut Hersteller zwischen 22 m<sup>3</sup> und 31,5 m<sup>3</sup>. Das Gut wird von einer Pick-up mit Kurvenbahnsteuerung aufgenommen, die pendelnd aufgehängt ist. Der Rotor weist einen Durchmesser von 750 mm auf. 31 Messer mit einer theoretischen Schnittlänge von 45 mm zerkleinern das Gut. Um die Ausladung zu optimieren, wurde der Kratzboden im vorderen Teil der Maschine um 150 mm nach unten gezogen. Das Befüllen wird durch eine Ladeautomatik unterstützt [61; 62].

Strautmann löst die Super-Vitesse Baureihe durch die neuen Lade- und Dosierwagen Zelon ab. Das Ladevolumen beträgt 23 m<sup>3</sup>, 27 m<sup>3</sup> oder 31 m<sup>3</sup>. Eine mit 5 Zinken ungesteuerte und 1700 mm breite Pick-up nimmt das Futter auf und übergibt es an die sogenannte CFS-Rolle (Continuous-Flow-System), die das Gut auseinander ziehen und beschleunigen soll. Der Rotor mit insgesamt 5 Zinkenreihen führt es der mit 32 beidseitig geschliffenen Messern bestückten Schneideinrichtung zu, die eine theoretische Schnittlänge von 44 mm aufweist. Der Rotor wird über ein Getriebe mit Fettschmierung angetrieben. Das Fahrwerk ist als Boogie-Tandemfahrwerk ausgeführt [63 bis 65].

Vicon baut seine Ladewagen-Modelle mit dem Rotex 400 aus. Das DIN-Ladevolumen liegt mit Aufbauten bei maximal 29,2 m<sup>3</sup> bei einer Nutzmasse von ca. 14 t. Die Pick-up ist 2 m breit und mit ungesteuerten sowie V-förmig positionierten Zinken ausgerüstet. Die Rotorzinken sind 20 mm breit und zu 9 Rotor-Zinkenreihen V-förmig angeordnet. Der 1420 mm breite Rotor weist einen Zinkenabstand von 55 mm und einen Durchmesser von 800 mm auf. Die Schneideinrichtung umfasst 35 Messer [66; 67].



Krone erweitert die Lade- und Häckselgutwagen ZX und MX mit einer Eilgangautomatik. Diese misst den Druck im hydraulischen Kratzbodenantrieb. Wird ein definierter Druckabfall detektiert, wechselt das System in die Eilgang-Funktion und der Entladeprozess läuft schneller ab [68].

### **Zusammenfassung**

Die Verkaufszahlen für den deutschen Markt der Rundballenpressen nehmen seit der Saison 2011/2012 ab. Quaderballenpressen, Ladewagen und Feldhäcksler hingegen unterlagen in der letzten Saison keinen großen Veränderungen, sodass die Verkaufszahlen stabil bleiben.

Viele Innovationen im Bereich der Feldhäcksler zielen auf eine Steigerung der Häckselqualität ab. Dafür werden alle Baugruppen des Gutflusses vom Vorsatz über die Häckseltrommel bis zum Corn Cracker und Nachbeschleuniger stetig weiterentwickelt. Gleichzeitig steht die Reduktion des Kraftstoffverbrauchs im Vordergrund.

Bei den Rundballenpressen erlauben kontinuierlich arbeitende Pressen eine effizientere Arbeitserledigung, da Wartezeiten für das Abbinden und Ablegen der Rundballen vermieden werden. Viele Hersteller entwickeln diese Art von Rundballenpressen, sodass sich diese in den kommenden Jahren weiter verbreiten werden.

Die Ladewagen unterliegen ebenfalls vielen Detailverbesserungen. Neben einer verbesserten Befüllung, z.B. durch einen tief gezogenen Kratzboden oder eine Befüllautomatik etc., wird auch die Pick-up stetig weiterentwickelt. Im Vordergrund stehen eine schonende und verschmutzungsfreie Gutaufnahme sowie eine gleichmäßige Zerkleinerung durch die Schneideinrichtung.

## Literatur

- [1] -, -: Mähdrescher- und Pressenabsatz leicht rückläufig, profi.de - Landwirtschaftsverlag GmbH. <http://www.profi.de/news/Maehdrescher-und-Pressenabsatz-leicht-rueckklaeufig-1550968.html>, Zugriff am 17.12.2014
- [2] -, -: VDMA: Futtererntetechnik ist weniger nachgefragt, Deutscher Landwirtschaftsverlag GmbH. <http://agrartechnik.agrarheute.com/vdma-futtererntetechnik-ist-weniger-nachgefragt>, Zugriff am 03.12.2014
- [3] -, -: Massen transportieren: Trends bei Lade- und Silierwagen, Deutscher Landwirtschaftsverlag GmbH. <http://www.agrarheute.com/s-620916>, Zugriff am 18.07.2014
- [4] -, -: Erntetechnik: Stabiles Geschäft mit Feldhäckslern, Deutscher Landwirtschaftsverlag GmbH. <http://www.agrarheute.com/maishaecksler-absatz-gestiegen?suchbegriff2=feldhaecksler>, Zugriff am 03.12.2014
- [5] -, -: Weniger Mähdrescher und Ballenpressen verkauft. Schlechte Raps- und Getreidepreise zeigen bereits Wirkung, eilbote Boomgaarden Verlag GmbH. <http://www.eilbote-online.com/magazin/artikel/weniger-maehdrescher-und-ballenpressen-verkauft/>, Zugriff am 03.12.2014
- [6] Kemper, S.: Halmgutbergung. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2013. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2013. - , S. 1–9
- [7] Dörpmund, H.-G.; Lützen, B. A.: Weniger einstellen - mehr häckseln. John Deere: Häcksler-Baureihe 8000. Lohnunternehmen 69, (2014), H. 10, S. 68–71
- [8] Eikel, G.: Neuentwicklung des John Deere-Feldhäckslers 8000. profi, (2014), H. 10, S. 84–87
- [9] Bensing, T.; Eikel, G.: Heiß auf Gras und Mais. John Deere-Feldhäcksler 8500i und 8600i. profi, (2014), H. 11, S. 42–45
- [10] Lützen, B. A.: Häckseln mit dem Erbkönig. Lohnunternehmen Häcksler-Service Herold. Lohnunternehmen, (2014), H. 11, S. 60–62
- [11] -, -: Das sind fünf Häcksel-Hirsche. top agrar, (2014), H. 10, S. 86
- [12] -, -: John Deere. Die neuen Feldhäcksler feiern Premiere. Eilbote, (2014), H. 40, S. 28–31
- [13] -, -: Prospekt: Häckseln mit Biss! Selbstfahrende Feldhäcksler der Serie 7080, Deere & Company. [http://www.deere.de/de\\_DE/docs/html/brochures/publication.html?id=b1dcb66e#74](http://www.deere.de/de_DE/docs/html/brochures/publication.html?id=b1dcb66e#74), Zugriff am 18.12.2014
- [14] Alpers, M.: Bild John Deere 8600i, Max Meyer Internetdienste UG. [http://www.agrartechnik-im-einsatz.de/de/index.php?page=view\\_picture&id=1038169#anker](http://www.agrartechnik-im-einsatz.de/de/index.php?page=view_picture&id=1038169#anker), Zugriff am 17.12.2014
- [15] -, -: Bild: Gutfluss des neuen John Deere Feldhäckslers der Baureihe 8000, John Deere GmbH & Co. KG
- [16] -, -: Prospekt: BiG X 480 / 580 Exakt-Feldhäcksler, Maschinenfabrik Bernard KRONE GmbH. <http://landmaschinen.krone.de/deutsch/produkte/feldhaecksler/big-x-480-580/prospekt-pdf/>, Zugriff am 18.12.2014

- [17] -, -: Prospekt: BiG X 600 / 700 / 850 / 1100 Exakt-Feldhäcksler, Maschinenfabrik Bernard KRONE GmbH.  
<http://landmaschinen.krone.de/deutsch/produkte/feldhaecksler/big-x-600-700-850-1100/prospekt-pdf/>, Zugriff am 18.12.2014
- [18] -, -: Prospekt: Einfach Häckseln! Die neuen Feldhäcksler der Serie 8000, Deere & Company.  
[http://www.deere.de/de\\_DE/docs/html/brochures/publication.html?id=e935b62b#72](http://www.deere.de/de_DE/docs/html/brochures/publication.html?id=e935b62b#72), Zugriff am 18.12.2014
- [19] -, -: Claas: Neues bei den Maisgebissen, Deutscher Landwirtschaftsverlag GmbH.  
<http://agrartechnik.agrarheute.com/claas-neuheiten-maisgebisse>, Zugriff am 03.12.2014
- [20] -, -: Weltneuheit: ORBIS mit vollintegriertem Transportsystem. In: CLAAS Vertriebsgesellschaft mbH (Hrsg.): Trends 04.14. : , 2014. - , S. 13
- [21] Böhrnsen, A.: Die Alternative zur Fühlprobe. Test Pressenfeuchtemesser Agreto PFM II. profi, (2014), H. 11, S. 126–28
- [22] Altmann, T.: John Deere präsentiert Neuheiten, top agrar online.  
<http://www.topagrar.com/news/Technik-Techniknews-John-Deere-praesentiert-Neuheiten-1568245.html>, Zugriff am 17.11.2014
- [23] -, -: Modellpflege für John Deere Großpackenpressen, John Deere GmbH & Co. KG.  
[https://www.deere.de/de\\_DE/our\\_company/news\\_and\\_media/press\\_releases/2014/agriculture/modellpflege\\_fuer\\_jd\\_gro%C3%9Fpackenpressen.page](https://www.deere.de/de_DE/our_company/news_and_media/press_releases/2014/agriculture/modellpflege_fuer_jd_gro%C3%9Fpackenpressen.page), Zugriff am 16.12.2014
- [24] Paar, J.: Die neuen Pressen von Case IH im Praxiseinsatz, Landwirt Agrarmedien GmbH. <http://www.landwirt.com/Die-neuen-Pressen-von-Case-IH-im-Praxiseinsatz,14839,,Bericht.html>, Zugriff am 17.11.2014
- [25] -, -: Neue Case IH Großballenpressen LB 334, LB 424 und LB 434, Esterer-Media.  
<http://www.landtechnikmagazin.de/Erntemaschinen-Artikel-Neue-Case-IH-Grossballenpressen-LB-334-LB-424-und-LB-434-4638.php>, Zugriff am 16.12.2014
- [26] -, -: New Holland BigBaler 230 Produces Easier-to-Handle Large Square Bales, CNH Industrial N.V. <http://agriculture.newholland.com/us/en/About-New-Holland/news-releases/Pages/New-Holland-Big-Baler-230-Produces-Easier-to-Handle-Large-Square-Bales.aspx>, Zugriff am 18.11.2014
- [27] Kattenstroth, R.: Halmgutbergung. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2012. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2012. - , S. 1–11
- [28] -, -: Die erste Non-Stop Festkammer-Press-Wickelkombination, Kverneland AS.  
<http://de.vicon.eu/News-und-Medien/Produkt-News/Die-erste-Non-Stop-Festkammer-Press-Wickelkombination>, Zugriff am 16.12.2014
- [29] -, -: Non-Stop-Rundballenpresse von Vicon, Deutscher Landwirtschaftsverlag GmbH.  
<http://agrartechnik.agrarheute.com/vicon-non-stop-rundballenpresse>, Zugriff am 03.12.2014
- [30] -, -: Kverneland group, Silver medal of the SIMA Innovation Awards 2015. Non-stop combined press-baler: Vicon Fastbale., Groupe Comexposium.  
<http://en.simaonline.com/sima-show-agricultural-machinery-livestock-events/innovation-awards-results/innovation-silver-kverneland>, Zugriff am 11.12.2014
-

- [31] Esterer, K.: Vicon mit neuen variablen Rundballenpressen der Serie RV 5200, Esterer-Media. <http://www.landtechnikmagazin.de/Erntemaschinen-Artikel-Vicon-mit-neuen-variablen-Rundballenpressen-der-Serie-RV-5200-5216.php>, Zugriff am 03.12.2014
- [32] Schmidt, C.: Die neue Vicon RV 5200 Serie bietet wegweisende Innovationen für mehr Benutzerfreundlichkeit und Produktivität, Kverneland Group Deutschland GmbH. [http://www.kvernelandgroup.de/content/download/123022/1470948/version/1/file/VI\\_RV5200+Serie.pdf](http://www.kvernelandgroup.de/content/download/123022/1470948/version/1/file/VI_RV5200+Serie.pdf), Zugriff am 16.12.2014
- [33] -, -: McHale Fusion 3 Plus, McHale Engineering Limited. [http://www.mchale.net/index.php/de\\_DE/CCShop/2/11/49/1/105](http://www.mchale.net/index.php/de_DE/CCShop/2/11/49/1/105), Zugriff am 16.12.2014
- [34] -, -: McHale, Special mention of the SIMA Innovation Awards 2015. Press-baler with plastic-film binding system: McHale Fusion 3 PLUS., Groupe Comexposium. <http://en.simaonline.com/sima-show-agricultural-machinery-livestock-events/innovation-awards-results/innovation-McHale>, Zugriff am 11.12.2014
- [35] Esterer, K.: Mit der neuen Lely Welger CB Concept kontinuierlich Rundballen pressen. <http://www.landtechnikmagazin.de/Erntemaschinen-Artikel-Mit-der-neuen-Lely-Welger-CB-Concept-kontinuierlich-Rundballen-pressen-5094.php>, Zugriff am 15.12.2014
- [36] Masur, F.: Revolution im Pressenbau. Lely Continous Baling Concept. Agrartechnik business, (2014), H. 18, S. 10–11
- [37] -, -: Bild Lely Welger CB Concept, Lely International. [http://www.continuousbaling.com/data/continuousbaling/images/photos/origineel/lely\\_welger\\_cb\\_concept-13.jpg](http://www.continuousbaling.com/data/continuousbaling/images/photos/origineel/lely_welger_cb_concept-13.jpg), Zugriff am 17.12.2014
- [38] -, -: Machen Sie weiter mit Ihrer Arbeit. Sehen Sie sich diese kurze Erklärung über das kontinuierliche Verdichten von Lely an., Lely International. [http://www.continuousbaling.com/de/how\\_it\\_works/](http://www.continuousbaling.com/de/how_it_works/), Zugriff am 17.12.2014
- [39] Brüse, C.: Mehr Durchsatz mit aktiver Zuführung. New Holland Roll Belt 180 A Active Sweep. profi, (2014), H. 11, S. 50–51
- [40] Masur, F.: Roll-Belt mit variabler Presskammer. Rundballenpressen mit höherer Leistung. Agrartechnik business, (2014), H. 18, S. 9
- [41] Esterer, M.: New Holland erweitert Roll-Belt-Rundballenpressen um neue Modelle mit Active Sweep, Esterer-Media. <http://www.landtechnikmagazin.de/Gruenland-und-Futterernte-Artikel-New-Holland-erweitert-Roll-Belt-Rundballenpressen-um-neue-Modelle-mit-Active-Sweep-5004.php>, Zugriff am 07.01.2015
- [42] Messerer, M.: Gutfluss über den Rotor. Agrartechnik business, (2014), H. 19, S. 11
- [43] Paar, J.: Das blaue Wunder G1 F125, Landwirt Agrarmedien GmbH. <http://www.landwirt.com/Das-blaue-Wunder-G1-F125,,15061,,Bericht.html>, Zugriff am 17.11.2014
- [44] Paar, J.: Pöttinger Impress Rundballenpresse vorgestellt, Landwirt Agrarmedien GmbH. <http://www.landwirt.com/Poettinger-Impress-Rundballenpresse-vorgestellt,,14984,,Bericht.html>, Zugriff am 17.11.2014
- [45] Göggerle, T.: Deutz-Fahr zeigt auf der AGRARIA in Wels erstmals die neu entwickelte Festkammerpresse Fixmaster 235 MKII., Landwirt Agrarmedien GmbH. <http://www.landwirt.com/Deutz-Fahr-mit-robuster-Festkammerpresse-fuer-den-harten-Einsatz,,15318,,Bericht.html>, Zugriff am 16.12.2014

- [46] Cousins, D.: Krone launches Comprima X-treme round balers, Farmers Weekly. <http://www.fwi.co.uk/machinery/krone-launches-comprima-x-treme-round-balers.htm>, Zugriff am 18.11.2014
- [47] -, -: Comprima X treme Rundballenpressen von Krone, Landwirt Agrarmedien GmbH. [http://www.landwirt.com/berichtdiashow/FB\\_KRONE\\_Comprima\\_Xtreme,1,Comprima-X-treme.html](http://www.landwirt.com/berichtdiashow/FB_KRONE_Comprima_Xtreme,1,Comprima-X-treme.html), Zugriff am 17.11.2014
- [48] -, -: Fortima und Comprima: Krone stellt neue Rundballenpressen vor, Deutscher Landwirtschaftsverlag GmbH. <http://www.agrarheute.com/fortima-und-comprima-rundballenpresse-krone>, Zugriff am 17.11.2014
- [49] Brüse, C.: John Deere-Festkammerpresse F 440 R. profi, (2013), H. 12, S. 56–58
- [50] Neumann, O.: Presse-Information: John Deere bringt neue Ballenpressen mit fester Kammer auf den Markt. John Deere GmbH & Co. KG, (2013)
- [51] Gerighausen, H.-G.: Ladewagen - unentbehrliche Alleskönner, Land&Forst. <http://landundforst.agrarheute.com/ladewagen-unentbehrliche-alleskoenner>, Zugriff am 17.11.2014
- [52] Gerighausen, H.-G.: Ladewagen: Vom Mauerblümchen zum Alleskönner, Land&Forst. <http://landundforst.agrarheute.com/ladewagen>, Zugriff am 17.11.2014
- [53] Andrews, J.: Grassland and Muck 2014: Irish firm Malone shows forage wagon for smaller farmers, Farmers Weekly. <http://www.fwi.co.uk/machinery/grassland-and-muck-2014-irish-firm-malone-shows-forage-wagon-for-smaller-farmers/>, Zugriff am 18.11.2014
- [54] Bensing, T.: Claas Kombiwagen Cargos 8400. profi, (2014), H. 9, S. 40–43
- [55] Deter, A.: Kleiner Kombiwagen: Claas Cargos 8000, top agrar online. <http://www.topagrar.com/news/Technik-Techniknews-Kleiner-Kombiwagen-Claas-Cargos-8000-1490059.html>, Zugriff am 17.11.2014
- [56] Cousins, D.: Grassland & Muck 2014: Schuitemaker gives latest forage wagon an outing, Farmers Weekly. <http://www.fwi.co.uk/machinery/grassland-muck-2014-schuitemaker-gives-latest-forage-wagon-an-outing.htm>, Zugriff am 18.11.2014
- [57] -, -: Tiefgang-Ladewagen Mammut. Für den vielseitigen Einsatz in unseren Schweizer Betrieben ausgelegt. Garantiert höchste Schlagkraft in der Ernte., GVS Agrar AG. [http://www.gvs-agrar.ch/webyp-system/daten/userfiles/files/Agrar-Mammut\\_Tiefgang-Ladewagen\\_de.pdf](http://www.gvs-agrar.ch/webyp-system/daten/userfiles/files/Agrar-Mammut_Tiefgang-Ladewagen_de.pdf), Zugriff am 18.12.2014
- [58] -, -: Tiefgang-Ladewagen Montana. Für den vielseitigen Einsatz in unseren Betrieben ausgelegt. Garantiert höchste Schlagkraft in der Ernte., GVS Agrar AG. [http://www.gvs-agrar.ch/webyp-system/daten/userfiles/files/Agrar-Montana\\_Tiefgang-Ladewagen\\_de.pdf](http://www.gvs-agrar.ch/webyp-system/daten/userfiles/files/Agrar-Montana_Tiefgang-Ladewagen_de.pdf), Zugriff am 18.12.2014
- [59] Deter, A.: Neuer Tiefgang-Ladewagen von GVS Agrar, top agrar online. <http://www.topagrar.com/news/Technik-Techniknews-1590569.html>, Zugriff am 17.11.2014
- [60] -, -: Der neue FARO / FARO COMBILINE. Hohe Futterqualität, hohe Schlagkraft und gleichzeitig sehr leichtzügig, Alois PÖTTINGER Maschinenfabrik GmbH. [http://www.poettinger.at/de\\_be/Newsroom/Artikel/7334](http://www.poettinger.at/de_be/Newsroom/Artikel/7334), Zugriff am 17.12.2014

- [61] Deter, A.: Pöttinger Faro Combiline, der leichte Rotorwagen, top agrar online.  
<http://www.topagrar.com/news/Technik-Techniknews-Poettinger-Faro-Combiline-der-leichte-Rotorwagen-1582281.html>, Zugriff am 17.11.2014
- [62] Esterer, K.: Neuer Pöttinger Mittelklasse-Rotorladewagen FARO jetzt auch als Kombi-wagen Combiline verfügbar. <http://www.landtechnikmagazin.de/Gruenland-und-Futterernte-Artikel-Neuer-Poettinger-Mittelklasse-Rotorladewagen-FARO-jetzt-auch-als-Kombiwagen-Combiline-verfuegbar-5188.php>, Zugriff am 18.12.2014
- [63] Deter, A.: Strautmann Rotorwagen Zelon, top agrar online.  
<http://www.topagrar.com/news/Technik-Techniknews-Strautmann-Rotorwagen-Zelon-1497479.html>, Zugriff am 17.11.2014
- [64] -, -: Neue Ladewagen von Strautmann, B. Strautmann & Söhne GmbH u. Co. KG.  
<http://www.straumann.de/unternehmen/aktuelles/neue-straumann-ladewagen-zelon-cfs.html>, Zugriff am 17.11.2014
- [65] -, -: Zelon CFS. Kurzschnitt-Ladewagen, B. Strautmann & Söhne GmbH u. Co. KG.  
[http://www.straumann.de/index.php?load\\_file=zelon-prosp.10-14\\_kl.pdf](http://www.straumann.de/index.php?load_file=zelon-prosp.10-14_kl.pdf), Zugriff am 18.12.2014
- [66] -, -: Mit kompakten 40m³ erweitert der Rotex 400 die Vicon Ladewagen-Serie, Kverne-land AS. <http://de.vicon.eu/News-und-Medien/Produkt-News/Mit-kompakten-40m3-erweitert-der-Rotex-400-die-Vicon-Ladewagen-Serie>, Zugriff am 18.12.2014
- [67] Göggerle, T.: Neuer Rotorladewagen von Vicon: Rotex 400, Landwirt Agrarmedien GmbH. <http://www.landwirt.com/Neuer-Rotorladewagen-von-Vicon-Rotex-400,,15009,,Bericht.html>, Zugriff am 17.11.2014
- [68] -, -: 'Eilgangautomatik' für ZX und MX von Krone, Deutscher Landwirtschaftsverlag GmbH. <http://www.agrarheute.com/eilgangautomatik-krone>, Zugriff am 17.11.2014

---

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Wissenschaftliches Review / Scientific Review**

Erfolgreiches Review am 06.03.2015

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Kemper, Sebastian: Halmgutbergung. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2014. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2015. S. 1-15

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055064>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/197.html>

## Körnerkonservierung

Jochen Mellmann, Fabian Weigler, Thomas Hoffmann  
Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB)

### Kurzfassung

Betriebseigene Getreideanlagen sind für die Mehrzahl der Erzeuger nach wie vor unverzichtbar. Eine zunehmende Überschneidung der Erntefenster, steigende Mähdruschkapazitäten und daraus resultierende Anforderungen an die Logistik zwingen viele Betriebe zum Neubau bzw. zur Erweiterung ihrer Anlagen. Die Steigerung der Energieeffizienz und Senkung der Verfahrenskosten stehen im Fokus aktueller Forschung und Entwicklung.

### Schlüsselwörter

Körnerfrüchte, Trocknung, Belüftung, Kühlung, Feuchtkonservierung, Energieeffizienz

## Grain preservation

Jochen Mellmann, Fabian Weigler, Thomas Hoffmann  
Leibniz Institute for Agricultural Engineering Potsdam-Bornim (ATB)

### Abstract

In-house grain plants are still indispensable for the majority of producers. Due to a growing overlap of harvest times, increasing capacity of the harvesters and the resulting requirements for the logistic, more and more farmers are forced to build new facilities or extend existing plants. The actual research and development is focused on increasing energy efficiency and lowering process costs.

### Keywords

Grain, drying, ventilation, cooling, wet preservation, energy efficiency

## **Allgemeines**

Im Rekordjahr 2013/14 wurden weltweit 714 Mio. t Weizen produziert – Tendenz gleichbleibend [1]. Jedoch verderben nach Angaben der FAO jährlich ca. 10-20 % des geernteten Getreides. Der größte Teil dieser Verluste entsteht durch Insektenbefall sowie Mykotoxin-Bildung aufgrund unsachgemäßer Konservierung [2].

Der technische Fortschritt hat Mähdruschkapazitäten hervorgebracht, die heute eine Leistung von mehr als 50 t/h aufweisen. Spitzenwerte reichen sogar an 100 t/h heran [3]. Aufgrund der gestiegenen Schlagkraft sind viele Betriebe über die Leistungsfähigkeit ihrer Getreideanlagen hinausgewachsen [2].

Die betriebseigene Getreidelagerung bleibt dennoch für die Mehrzahl der Erzeuger unverzichtbar [4]. Die Planung und der Bau von neuen Getreideanlagen ist ein komplexes Vorhaben, wenn man die vom Markt geforderte bestmögliche Qualität des Ernteproduktes auch während der Trocknung und Lagerung sichern möchte [4 bis 6]. Im Vorfeld sind daher mehrere Aspekte zu berücksichtigen. So sollte die Annahmelleistung an die Schlagkraft moderner Mähdrescher angepasst werden. Bei der Standortwahl liegt das Hauptaugenmerk auf der Einhaltung der Immissionsschutz-Auflagen, mit denen sich die zuständigen Bau- und Umweltämter bereits in der Planungsphase absichern. Das Investitionsvolumen für Getreideanlagen liegt zwischen 150 und 200 €/t Getreide [2; 4].

## **Trocknung**

Die Trocknungstechnik auf den Betrieben ist in den letzten Jahren vielfältiger geworden. So werden neben neu hinzugekommenen Druschfrüchten, wie Mais und Soja, auch Hackschnitzel, Brotreste und Torf getrocknet. In der Praxis sind somit Container- sowie Silosatztrockner, Dächerschacht-Durchlauftrockner, Lagerbelüftungstrocknungen und Bandtrocknungsanlagen zu finden [2; 4].

Die Satz Trocknung von Körnerfrüchten in Wellblechrundsilos ist ein Verfahren, das seit ca. 30 Jahren nahezu unverändert bevorzugt in den USA und Australien angewendet wird. Bei allen Satz Trocknungen bieten Zwillingsanlagen immer den Vorteil, dass die Auslastung des Warmlufterzeugers deutlich gesteigert werden kann [4].

Führende Trocknerhersteller haben aktuell begonnen, ihre Durchlauftrockner im Hinblick auf den Energieverbrauch zu optimieren. Darüber hinaus besteht der Anspruch, die benötigte Wärmeenergie durch alternative Energiequellen zu ersetzen. So finden sich in der Praxis neben konventionellen Heizöl- und Erdgasanlagen auch Konzepte, die mit Luft-Wasser-Wärmetauschern (Biogasanlagen) oder aber auch Luft-Luft-Wärmetauschern (Hackschnitzelheizung) ausgestattet sind. Eine vollständige Substituierung der fossilen Energieträger ist in Anbetracht der hohen Investitionen und der kurzen Erntefenster oft nicht umsetzbar. In der Praxis haben sich deshalb Anlagen bewährt, die bis zu 50 % der fossilen Energieträger ersetzen [2; 4].



Die Firma Neuero Farm- und Fördertechnik GmbH, Melle hat die Produktgruppe Durchlauf-trockner NDT weiter technisch überarbeitet [7]. Dabei wurde auf folgende Aspekte besonderer Wert gelegt:

- Gleichmäßige Verweilzeit für das Trocknungsgut
- Hoher Wirkungsgrad der gesamten Anlage
- Maximale Sättigung der Prozessluft
- Wärmeisolation der gesamten Trocknungsanlage
- Verbesserte Steuerung
- Wärmerückgewinnung
- Einsatz verschiedener Wärmequellen

Die Firma Petkus Technologie GmbH hat laut eigenen Angaben den ersten Durchlauf-trockner entwickelt, der vollständig ohne fossile Brennstoffe arbeitet [8]. Zusammen mit den Ingenieuren von Bednar FMT wurde ein Durchlauf-trockner auf der Grundlage eines Luft-Wasser-Wärmetauschers mit einer Leistung von 800 kW Grundheizung konstruiert, der die Abwärme einer Biogasanlage nutzt. Die angesaugte Außenluft kann auf eine maximale und konstante Temperatur von 90°C erhitzt werden. Um höhere Trocknungstemperaturen zu erreichen (z.B. für Mais), muss ein zusätzliches elektrisches Heizregister mit einer Leistung von 500 kW<sub>el</sub> installiert werden. Die erforderliche Elektroenergie wird vom BHKW der Biogasanlage bereitgestellt. Zur Einstellung der gewünschten Lufttemperatur kann die Leistung des Heizregisters in 10 x 50-kW<sub>el</sub>-Schritten variiert werden. Mit diesen Parametern beträgt die Leistung dieses ökologischen Trockners nominal 220 t pro Tag (Weizen-Trocknung von 19 % auf 15 % Feuchtigkeit).

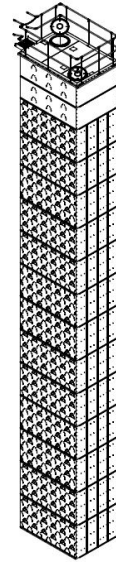
Firma Cimbria Unigrain A/S entwickelte in den vergangenen Jahren eine neue Serie von Trocknungsanlagen auf Grundlage des Durchlauf-Schachttrockners mit einer Trocknungskapazität von 100 bis 300 t/h [9]. Bei der Entwicklung des Cimbria „Eco-Master“ wurde auf folgende Punkte besonderer Wert gelegt:

- Kapazität
- Schonende Trocknung
- Stromverbrauch bei minimaler Staubemission
- Geräuschimmission
- Staubemission

Von der Romberger Maschinenfabrik GmbH, Anzkirchen, wurde die Trocknungsanlage „Eco Star“ entwickelt, die sich durch eine stabile Konstruktion und eine wartungsfreundliche Modulbauweise auszeichnet [10].

Am Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB) werden in Zusammenarbeit mit der Firma Neuero Forschungsarbeiten zur Energieeffizienzsteigerung bei der Getreide-trocknung durchgeführt. Auf Grundlage von Voruntersuchungen wurde ein neues Design für

die Dächerschachttrocknung vorgeschlagen, das auf einer vorteilhaften Kombination verschiedener Verfahrensprinzipien basiert [11]. Ein Prototyp dieses Trockners mit modifizierter Luftkanalanordnung (s. **Bild 1**) wurde in der Ernteperiode 2014 erfolgreich in Betrieb genommen und getestet. Die neuartige Trocknergestaltung wird in einem laufenden Forschungsprojekt bis zur Marktreife weiterentwickelt.



**Bild 1:** Neuartiger Durchlauftrockner vom Typ NDT 13-1 (Neuero) am Standort Grimmen der Getreide AG (links, Foto: ATB), Trocknerschacht mit Luftkanalanordnung (rechts).

**Figure 1:** Innovative mixed-flow dryer of type NDT 13-1 (Neuero), facility Grimmen of the Getreide AG (left, Photo: ATB); Drying shaft with air duct arrangement (right).

Aktuelle Forschungsarbeiten zur Effizienzsteigerung der Dächerschacht-Satztrocknung werden an der Universität Helsinki durchgeführt [12]. Ziel ist eine optimale Steuerung des stationären Trocknungsprozesses hinsichtlich Durchsatz, Temperatur und relativer Feuchte der Zuluft zum Erreichen einer maximalen Feuchtesättigung der Abluft.

## Lagerung

Durch Sortenwahl und Bestandsführung wurde im Getreideanbau mittlerweile ein Stand erreicht, an dem sich die Druschtermine für Weizen, Roggen und Raps überschneiden. Diese Entwicklung und steigende Mähdruschkapazitäten führen dazu, dass die Getreideanlagen hierzulande in Bezug auf Annahme- und Verarbeitungskapazitäten oft ausgeschöpft sind und dem anfallenden Feuchtgetreidestrom kaum noch Herr werden [2]. Insbesondere betroffen sind hiervon Betriebe, die gewachsen sind und bisher mit Investitionen in die Lagerhaltung zurückhaltend waren, aber auch viehhaltende Betriebe [13].

Eine Zwischenlagerung ist daher oft notwendig. Hierzu können planbefestigte Betonflächen vor der Getreideanlage genutzt werden. Diese Art der Zwischenlagerung ist besonders zweckmäßig für sehr feuchtes Getreide (über 22 % Feuchte), das zu Brückenbildung neigt und in Rundsilos zu Verstopfungen führen würde. Feuchtgetreide sollte höchstens

48 Stunden ohne Kühlmöglichkeit zwischengelagert werden. Nach dieser Zeitspanne setzt bereits Verderb ein [2].

Der Lagerraum wird generell in Feuchtgetreidelager und Endlagerzellen aufgeteilt [4]. Grundsätzlich sind wenige große Lagerzellen günstiger als viele kleine. Außerdem gilt: die Bauhöhe ist günstiger als die Beanspruchung einer großen Baufläche, wodurch die Kosten für Fundamente, Dächer und Fördertechnik gesenkt werden [2]. Die Lagerzellen sollten mit Thermometern ausgerüstet sein, um bei einem Temperauranstieg rechtzeitig mit Belüftung gegensteuern zu können [4]. Neben der Temperatur und Luftfeuchte wird nach Ansicht von Lagerexperten die Wasseraktivität im Getreidestapel als Messgröße bei der Lagerung und Vermarktung einen hohen Stellenwert einnehmen [13].

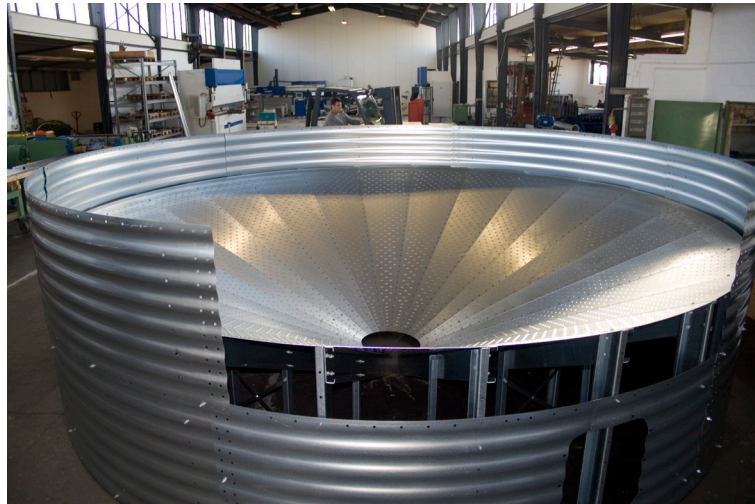
Zur Gesunderhaltung des Getreides im Lager gehört auch die Vermeidung bzw. die Bekämpfung tierischer Vorratsschädlinge. In [14] wird hierzu ein umfassender Überblick über prophylaktische Maßnahmen und neue Entwicklungen gegeben.

Eine neue Dimension in der Silolagerung bietet Fa. Zeppelin mit ihrem TÜV-zertifizierten Bolt-Tec-Silo [15]. Lag die Grenze für ein Schraub-Silo bisher bei etwa 500 m<sup>3</sup>, lassen sich nun mit einer neuen Fertigungstechnologie Silos mit einem Fassungsvermögen bis zu 1000 m<sup>3</sup> herstellen. Mit Hilfe einer speziell abgedichteten, modularen Bauweise soll der steigende Bedarf an Lagerkapazität aufgefangen werden. Ferner verspricht der Hersteller ein problemloses Demontieren und Wiederaufbauen des Silos an anderer Stelle. Das Baukastensystem ermöglicht eine nachträgliche Volumenerweiterung und eine Anpassung an andere Schüttgüter.

### **Belüftung und Kühlung**

Die Belüftung mit Kaltluft gilt als Standardmaßnahme in der Lagerhaltung zur Sicherung der Produktqualität. Dabei muss die Außentemperatur mindestens 5°C niedriger sein als die Lagertemperatur, damit auch bei hohen Außenluftfeuchten eine relative Gleichgewichts-Luftfeuchte im Lager  $\leq 65\%$  r.H. erreicht wird [4; 16]. Zu den wichtigsten Belüftungseinrichtungen zählen Wellblechkanal, Unterflurkanal, Belüftungsschlauch, Belüftungskonus und Teleskopkanal. Bei der Wahl der geeigneten Belüftungseinrichtung ist auf folgende Kriterien zu achten [17]:

- Gleichmäßige Luftverteilung
- Niedriger Strömungswiderstand
- Kosten für Kanäle einschließlich Betonarbeiten
- Arbeitsaufwand zum Reinigen und Desinfizieren der Kanäle.



**Bild 2:** Vollbelüftungskonus für Silos (Foto: Neuero).

**Figure 2:** Full ventilation cone for silos (Photo: Neuero).

Neue Lagerkonzepte setzen auf Silos mit Vollbelüftungskonus aus perforierten Blechen (**Bild 2**). Durch die große Grundfläche wird eine vollständige Durchströmung und ggf. Trocknung des Lagerguts erreicht. Dabei ist jedes Silo mit einem eigenen Gebläse ausgestattet. Die Ansaugluft kann mit Gasheizern zusätzlich erwärmt werden. Die Lüfterdrehzahl wird automatisch nach dem Behälterfüllstand geregelt. Die Abluft entweicht über Entlüftungshauben im Silodach. Durch eine Konusneigung von 27° oder 45° kann das Silo fast komplett z.B. mittels Abzugsschnecke entleert werden [17; 18].

Ein neues System zur Getreidebelüftung im Flachlager sind sog. Belüftungssäulen. Die Polycool Teleskopsäulen der Fa. Carl von Gehlen bestehen aus stabilem Kunststoff und verursachen keinerlei Installationskosten, da sie ohne zusätzliche Befestigung nach Bedarf im Lagerraum aufgestellt werden können. Die benötigten Ventilatoren werden auf die Säulen gesteckt, deren Höhe durch modulare Bauweise variiert werden kann. Die Lüfter können wahlweise im Saug- oder Druckbetrieb arbeiten [19].

Der Stromverbrauch der Getreidekühltechnik konnte in den letzten Jahren deutlich reduziert werden [20]. Dies wurde unter anderem durch den Einsatz von frequenzgeregelten Ventilatoren, Thyristorsteuerungen, neuartigen Ventilatorschaufeln, energiesparenden Motoren, optimierten Kältekompressoren sowie den Einbau von Unterkühlern und der Weiterentwicklung moderner Steuerungen erreicht. Moderne Anlagen ermöglichen zusätzlich einen Datenaustausch mit einer Fernwarte sowie eine Diagnose des Kühlgerätes via Funk oder Internet. Dadurch wird ein energieoptimaler, vollautomatischer Betrieb realisierbar. Moderne Kühlgeräte des Typs Granifrigor<sup>TM</sup> benötigen unter 3 kWh/t und verbrauchen damit unwesentlich mehr Strom als Belüftungsgeräte.

## Feuchtkonservierung

In Deutschland entscheiden sich 90 % der landwirtschaftlichen Betriebe für ein Trocknungsverfahren zur Konservierung der Erntefrüchte [4]. Lediglich 10 % greifen auf eine chemische Konservierung – meist mittels Propionsäure – zurück. Dieses Getreide wird überwiegend innerbetrieblich als Futter verwendet. Der spezifische Energieverbrauch und damit die Verfahrenskosten der Feuchtkonservierung sind jedoch deutlich geringer als bei der Trocknung. Mit einer Kombination von Getreidequetschung, luftdichtem Abschluss und chemischer Konservierung sind Energieeinsparungen von 15 % im Vergleich zur bisherigen Praxis erreichbar [21].



**Bild 3:** Einlagerung in luftdichten Folienschläuchen (Foto: Weber).

**Figure 3:** Storage in air-tight foil hoses (Photo: Weber).

Ein bereits etabliertes Verfahren zur Silierung verschiedener Agrarprodukte ist die Einlagerung in luftdichten Folienschläuchen (**Bild 3**). Nach der Entwicklung maschineller Entnahmetechniken für Getreide erlangte dieses Verfahren Anfang 2000 einen Durchbruch bei der Feuchtkonservierung von Körnerfrüchten [22]. Mit Verfahrenskosten (inklusive Folie) von 4 bis 6 €/t für Getreide ist es auch eine preiswerte Alternative zur Lagerung in Hallen und Silos. In Praxisversuchen an erntefrischem Weizen mit 14 % Feuchte wurden keine Qualitätseinbußen gegenüber der konventionellen Lagerung festgestellt [23].

## Zusammenfassung

Betriebseigene Getreideanlagen sind für die Mehrzahl der Erzeuger nach wie vor unverzichtbar. Eine zunehmende Überschneidung der Erntefenster, steigende Mähdruschkapazitäten und daraus resultierende Anforderungen an die Logistik zwingen viele Betriebe zum Neubau bzw. zur Erweiterung ihrer Anlagen. Die Steigerung der Energieeffizienz und Senkung der Verfahrenskosten stehen im Fokus aktueller Forschung und Entwicklung.

## Literatur

- [1] Becker-Weigel, M.: Weizenbestände bleiben auf hohem Niveau. Getreidemagazin 19 (2014) H. 3, S. 56-57.
- [2] Spreu, A.: Getreidelagerung – Qualität ernten, lagern und vermarkten. Getreidemagazin 19 (2014) H. 2, S. 60-63.
- [3] Tannenberger, T.; Meyer, K.: Geschichte miterlebt, Geschichte geschrieben. Bauernzeitung 55 (2014) 27, S. 38-39.
- [4] Bombien, M.: Die hofeigene Getreidelagerung. Getreidemagazin 18 (2013) H. 2, S. 60-63.
- [5] Gerdes, H.: Rechnet sich ein neues eigenes Getreidelager? Getreidemagazin 19 (2014) H. 2, S. 64-65.
- [6] Schindler, M.: Getreidelager – ein wirtschaftliches Muss. Getreidemagazin 18 (2013) H. 2, S. 64-66.
- [7] Klausling, N.: Anlagenbeispiel eines Durchlauftrockners im Hinblick auf Energieoptimierung. Mühle + Mischfutter 151 (2014) H. 9, S. 262.
- [8] Herz, D.D.: Entwicklung des ersten „grünen“ Trockners. Mühle + Mischfutter 151 (2014) H. 19, S. 631.
- [9] Christensen, N.: Neue Technik für Getreidetrocknungsanlagen. Mühle + Mischfutter 150 (2013) H. 10, S. 306.
- [10] Poppe, G.: Getreidetrockner, Bauart Romberger. Mühle + Mischfutter 150 (2013) H. 10, S. 311-312.
- [11] Weigler, F., Franke, G., Scaar, H. und Mellmann, J.: Experimente zum Partikelfluss an einer neu entwickelten Geometrie für Dächerschachttrockner. Landtechnik 69 (2014) H. 1, S. 30-34.
- [12] Jokiniemi, H. T.; Ahokas, J. M.: Drying process optimisation in a mixed-flow batch grain dryer. Biosystems Engineering 121 (2014), pp. 209-220.
- [13] Claus, K.-H.: Lagercheck – gezielte Vorbereitung des Getreidelagers. Getreidemagazin 19 (2014) H. 3, S. 49-52.
- [14] Schöller, M.: Bekämpfung von Vorratsschädlingen. Getreidemagazin 18 (2013) H. 4, S. 52-54.
- [15] Mühlenkamp, S.: Silos – Neue Dimensionen. Schüttgut 20 (2014) H. 1, S. 20-21.
- [16] Humpisch, G.: Belüften und thermisches Trocknen von Getreide. Getreidemagazin 18 (2013) H. 3, S. 50-53.
- [17] Klausling, N.: Kühlung und Gesunderhaltung von Getreide. Mühle + Mischfutter 150 (2013) H. 10, S. 309-310.
- [18] Rudolph, W.: Mobil mit Swing-Effekt. Bauernzeitung 55 (2014) 23, S. 30-32.
- [19] Carl von Gehlen GmbH & Co.KG.: Getreidebelüftungssystem Polycool. Getreidemagazin 19 (2014) H. 3, S. 41.



- [20] Kolb, R. E.: Energieverbrauch bei der Getreidekühlung nochmals deutlich gesenkt. Mühle + Mischfutter 151 (2014) H. 9, S. 272-273.
- [21] Jokiniemi, T.; Jaakkola, S.; Turunen, M.; Ahokas, J.: Energy consumption in different grain preservation methods. Agronomy Research 12 (2014) H. 1, pp. 81-94.
- [22] Weber, U.: Weltweite neue Entwicklung bei der Lagerung und Konservierung von Agrarprodukten. Deutsche Zuckerrüben Zeitung 51 (2015) H. 1, S. 38-39.
- [23] Idler, C.; Hoffmann, T.; Weber, U.: Schüttgüter im Schlauch. Bauernblatt Schleswig-Holstein und Hamburg 64/164 (2014) 22, S. 27-29.

---

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Wissenschaftliches Review / Scientific Review**

Erfolgreiches Review am 11.02.2015

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Mellmann, Jochen; Weigler, Fabian; Hoffmann, Thomas: Körnerkonservierung. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2014. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2015. S. 1-9

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055067>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/200.html>

## **Zuckerrübenerntetechnik**

Peter Schulze Lammers  
Institut für Landtechnik, Universität Bonn

### **Kurzfassung**

Das Angebot in der Zuckerrübenerntetechnik ist wesentlich verbreitert worden, insofern als dass nun die drei führenden Hersteller in Deutschland das gesamte Produktspektrum aus 2- und 3-achsigen Roder mit 6-, 8- und 9-reihigen Rodeaggregaten und Ausstattungen für die Entblätterung Rüben mit und ohne Nachköpfer anbieten. Alle Hersteller haben nun auch Reinigungslader im Programm. Andererseits ist durch Firmenübernahmen die Anzahl der Anbieter vermindert worden. Die selbstfahrenden 6-reihigen Köpfrodebunker setzen sich damit weiter in Europa als Erntekonzept durch. Die Arbeitsqualität dieser Maschinen ist gekennzeichnet durch einen Masseverlust von 3,9% und einem Erdanteil von 9,8% bei einer Arbeitsgeschwindigkeit von 6 km/h. 78% der Rüben werden gut geköpft oder entblattet.

### **Schlüsselwörter**

Roder, Reinigungslader, Arbeitsqualität

## **Sugar beet harvest technology**

Peter Schulze Lammers  
Institut für Landtechnik, University Bonn

### **Abstract**

The offer of harvesting machines has been extended. Totally three leading manufacturers produce 2- and 3-axle tankers with 6-, 8- and 9-row headers with either topping or defoliation device. The product range of all these companies includes now cleaner loaders. However the number of producing manufacturers for harvesting equipment has been again reduced by taking possessions. This industrial structural adaption is the cause for or a consequence of the trend in Europe towards tanker type self-propelled harvesting. The quality of harvesting by these machines is characterized by mass losses of 3.9% and soil tare of 9.8% related to a travel speed of 6 km/h. 8% of the beets were harvested with good topping or defoliation quality.

### **Keywords**

Tanker, cleaner loader, soil, mass losses



## **Allgemeine Entwicklungen und Einleitung**

Zuckerrüben wurden in Deutschland auf einer Fläche von 315 548 ha (2013) angebaut und haben damit gegenüber dem Stand vor 10 Jahren um 29 % abgenommen. Die Anbaufläche pro Anbauer ist nahezu gleich geblieben (10,8 ha pro Anbauer 2003 und 10,2 ha pro Anbauer in 2013). Der Zuckerrübenanbau ist in dieser Dekade von 53,5 auf 67,4 t/ha angestiegen und für das Erntejahr 2014 zeichnen sich Rekorderträge von über 80 t/ha ab. Die Zuckererzeugung in Deutschland ist aufgrund dieser Entwicklungen von 3,8 Mio. t auf 3,4 Mio. t im Jahr 2012/13 leicht gefallen. Von 24,6 Mio. t wurden 2,7 Mio. t Zuckerrüben zu Ethanol verarbeitet. In der EU wurden 2013/14 16,3 Mio. t Zucker auf einer Anbaufläche von 1,496 Mio. ha erzeugt. Davon kamen 4,3 Mio. t aus Frankreich, das mit einer Anbaufläche von 354 000 ha neben Deutschland der größte Zuckerrübenanbauer in der EU ist, gefolgt von Polen mit 192 000 ha [1].

Die Weltzuckerbilanz sagt für 2013/14 aus, dass 43,3 % des Zuckerverbrauchs in Beständen lagert.

Im Zuckerrübenanbau findet die Mulchsaat weiterhin zunehmende Anwendung und wird 2010 auf ca. 50 % der Anbaufläche praktiziert während der Anbau mit Pflugeinsatz und Saatbettbereitung von 90 % in 1990 auf 50 % in 2010 abnimmt. Die Nutzung der Erntemaschinen ist gekennzeichnet durch deren Entwicklung, 1994 wurden 32 % der Maschinen in Eigennutzung eingesetzt, 2010 nur noch 6 %. Der überbetriebliche Maschineneinsatz in landwirtschaftlichen Gemeinschaften oder Maschinenringen betrug 2010 48 % und von gewerblichen Lohnunternehmen wurden 48 % der Roder betrieben. Die Ernte wurde auf 87 % der Anbaufläche mit 6-reihigen selbstfahrenden Köpfrödebunkern (KRB6 SF) eingebracht, 1994 wurde dieses Verfahren nur auf 36 % der Anbaufläche eingesetzt. Daneben haben noch das 2-reihige gezogene System (KRB2) eine Bedeutung in der Ernte von Zuckerrüben mit einem Anteil von 5 % sowie die selbstfahrenden Köpfrödelader (KRL) mit 3 % [2].

Der Trend bei den Herstellern von Erntemaschinen, der sich auf der Beet Europe in Seligenstadt 2012 und auch auf der Agritechnica 2013 abzeichnete, geht in Richtung Longliner mit einem Angebot von 2- und 3-achsigen Roder sowie Reinigungsladern und Transportfahrzeugen aus einem Hause [3]. Es haben bemerkenswerte Herstellerzusammenschlüsse stattgefunden. Die französische Investorengruppe Exel-Industries hat zunächst den holländischen Hersteller Agrifac übernommen und setzte dann ihre Expansion durch den Kauf des deutschen Herstellers Holmer fort. Die Produkte werden nun unter der Bezeichnung Holmer exxact vermarktet [3]. Die Firma Grimme hat den Hersteller Kleine/ Salzkotten übernommen und bietet ein Teilprogramm weiter unter dem bisherigen Firmennamen an.

## **Blattentfernung**

Weiterhin wird von den Anbauern eine verlustarme Ernte gefordert, deshalb ist ein Entwicklungsziel der Hersteller von Erntemaschinen die Masseverluste durch das Köpfen zu reduzieren. Es wurden in den vergangenen Jahren Köpfsysteme mit Anpassung der Köpfdicke vorgestellt, diese stellen mit wachsender Scheitelhöhe eine zunehmend stärkere Köpfdicke ein.

Ropa bietet nun auch einen Vorsatz zur Entblätterung an, d.h. die Blätter werden mit der ersten Welle zunächst abgeschlägelt, im Anschluss werden die Rübenköpfe von einer zweiten Welle geputzt. Wie schon bei Grimme üblich, bietet Ropa den Vorsatz mit unabhängiger Drehzahl- und Höheneinstellung der beiden Wellen an. Während die zweite Welle komplett mit Kunststoffschlägel ausgestattet ist, hat die erste Welle Stahlschlägel und im Reihenbereich abwechselnd Schlägel aus Stahl und Kunststoff.

Grimme entwickelte einen neuen Multihäcksler, der sowohl alleine, als auch in Kombination mit dem neu entwickelten Minimalköpfer eingesetzt werden kann.

Der Unterschied in der abgelieferten Erntemenge von geköpften und entblatteten Rüben ist abschätzbar. Die Minimalköpf-Verfahren erzeugen Masseverluste durch das Köpfen bei derzeit präferierter Einstellung der Köpfer von unter 4 %, die bei dem Entblätterungsverfahren nicht auftreten. Dafür gibt es hier jedoch auch Rüben die verletzt werden und Veratmungsverluste bei der Lagerung hervorrufen.

### Roden

Holmer führt eine automatische Tiefenführung ein, mit der die einzelnen Schare unabhängig in der Rodetiefe eingestellt werden können. Es werden unnötige Arbeitstiefen und damit eine erhöhte Erdaufnahme vermieden sowie eine bessere Boden Anpassung von Rodeaggregaten mit größeren Arbeitsbreiten (8/9-reihig) (s. **Bild 1**) ist zu erwarten [4; 5; 6].



**Bild 1:** 9-reihige Rodeaggregate von Holmer (links) und Ropa (rechts)

**Figure 1:** 9-row headers from Holmer (left) and Ropa (right)

Grimme bietet für die Baureihe Rector ebenfalls 8- und 9-reihige Rodeaggregate an und rüstet erstmalig Roder mit Rüttel-/Polderscharen aus.

Neben dem Trend zu größeren Rodeaggregaten werden weiterhin 2-, 3- und 4-reihig gezogene Roder von Firma Thyregod hergestellt. Die Rüben werden bei den Maschinen mit nicht angetriebenen Oppelt-Rädern (Radrodeschare) gerodet, die mit einer exakter arbeitenden Reihensteuerung ausgestattet wurden. Besonderheit ist, dass die Roder zur Entblätterung wahlweise mit einem Schlägler oder mit Schneckenrotern, die ohne starke Blattzerkleinerung arbeitet, ausgestattet werden können.

## Antrieb und Fahrwerke

Neben der Einführung von 3-achsigen Rodern bei den Firmen Grimme (30er Serie) und Holmer (T4-40) (s. **Bild 2**), die neben der Bunkerverlängerung auch der Bodenschonung dienen sollen, ist auf die Reifenentwicklung hinzuweisen [7]. Der Reifeninnendruck kann bei den neuen Produkten im nahezu gesamten Einsatzspektrum auf unter 200 kPa (2 bar) eingestellt werden.

Holmer führt bei seinem Dreiachser die Vorderachse als Portalachse aus, um den Durchgang zwischen Rädern für das Siebband zu erweitern und verbaut bei dem T4-40 ein 900 mm breites Siebband (Vorderradbereifung 800/70 R 38). Damit wird dem Nadelöhr des Durchsatzes auf dem Transportweg der Rüben durch die Maschine begegnet und auch der höhere Durchsatz für 8/9-reihige Rodeaggregate vorbereitet. Im Rahmen des exact Programms bietet Holmer den kleinsten Roder LighTraxx aus dem Programm von Agrifac mit 13 t Bunkerkapazität und 20 t Maschinengewicht an [8]. Der Holmer T4 Zweiachser wurde systematisch auf Gewichtsreduzierung überarbeitet und hat nun mit 27,5 t ein unterdurchschnittliches Eigengewicht [8].



**Bild 2:** Dreiachser der Hersteller Ropa EuroTiger (links oben), Grimme Rexor 630 (rechts oben, Bildquelle: Coenen) und Zweiachser Ropa Panther (links unten, Werkbild Ropa) sowie Holmer T4-40 (rechts unten)

**Figure 2:** Six wheeler from Ropa EuroTiger (top left), Grimme Rexor 630 (top right) [Coenen] and fourwheeler from Ropa Panther (down left) [Ropa], Holmer T4-40 (down right)

Grimme hat bei dem Typ Rexor bereits an der Vorderachse eine Portalkonstruktion realisiert und kann dadurch Reifen mit der Dimension 800/70 R 38 bei einer von Siebbandbreite 900 mm unterbringen. Merkmal des Fahrwerkes ist auch die Wankjustierung, die in dem Knickgelenk hinter dem Fahrerhaus untergebracht ist und eine Drehverstellung um die Längsachse zwischen Vorder- und Hinterwagen des Fahrzeugs erlaubt. ROPA hat diesen Weg bei seiner Neuvorstellung des Zweiachsers Panther und auch bei der Überarbeitung des Dreiachsers Tiger 5 beschritten [8]. Die Fahrwerke der Roder haben Pendelachsen, auf denen sich der Aufbau mit Hydraulikzylindern abstützt. Das Wanken des Aufbaus, verursacht durch Bodenunebenheiten, soll dadurch wirksam vermindert und die Tiefen- als auch die Reihenführung des Rodeaggregates auf Grund der geringeren Wankbewegungen exakter werden. Weiterhin kann beim Hangeinsatz der Aufbau waagrecht eingestellt werden, was einer größeren Fahrzeugstabilität führt.

### **Maschinenmanagement**

Um den Kraftstoffverbrauch zu reduzieren werden die Antriebsregelungen weiterentwickelt. Holmer vernetzt den Antrieb und erreicht insbesondere für den Fahrbetrieb auf der Straße eine Kraftstoffeinsparung durch Ausschalten von nicht benötigten hydraulischen Pumpen. Grimme bietet eine neue Motorregelung an, die eine abgesenkte Drehzahl von 1150 U/min im Sparmodus erlaubt. Das sind 50 U/min weniger als bei der vorherigen Ausführung. Die Motoren erfüllen nun bei allen Herstellern die Stufe TIER 4 der EU-Abgasnorm und werden dazu mit der SCR-Technologie (AdBlue) betrieben. Die Motorleistungen der Roder reichen jetzt bis 460 kW (625 PS). Fahrgeschwindigkeiten von 40 km/h auf der Straße sind Standard.

Die Bedienung der Roder und Reinigungslader erfolgt über Touchscreens und die Übertragung der Maschineneinstellungen beim Fahrerwechsel durch USB-Stick. Die Wartung der Maschinen wird durch Smartphones und Tablet-Computer unterstützt, um die Fehlerdiagnose zu erleichtern und die Zuverlässigkeit der Maschinen weiter zu erhöhen.

Bei großen Flächen und Erträgen wie im Jahr 2014 reichen die vorhandenen Bunkerkapazitäten auch der 3-achsigen Roder bei größeren Schlägen nicht aus um die Rüben bis an den Feldrand auf der Maschine mit zu nehmen. Holmer und Grimme bieten dafür Lösungen durch gezogene Überladenwagen an. Holmer benutzt ein Fahrwerk der Firma Fliegl mit einem eignen Aufsatz für das Überladen von Zuckerrüben. Grimme stellte ein Überladewagen in Zusammenarbeit mit der Firma Hawe (Dreiachser für 40 m<sup>3</sup> Ladevolumen und 25 m<sup>3</sup> bei dem Zweiachser) vor (s. **Bild 3**). Bei beiden Wagen handelt es sich um Wechselaufbauten, so dass die Fahrgestelle im Sommer als Getreideüberladewagen oder als Festmiststreuer eingesetzt werden und damit eine höhere Auslastung erreichen können [9].





**Bild 3:** Überladewagen aus der Kooperation Fliegl/Holmer (links) und Hawe/Grimme (rechts) [Grimme]  
**Figure 3:** Field transfer trailers from Fliegl/Holmer (left) and Hawe/Grimme (right) [Grimme]

### Arbeitsqualität

Im Rahmen der Beet Europe wurde im Oktober 2012 vom Institut für Landtechnik der Universität Bonn ein Test der Arbeitsqualität von Köpfrödebunkern (KRB) und Reinigungsladern (RL) durchgeführt (s. **Bild 4**). Auf zwei Feldern stellte das Juliusspital-Gut für die Veranstaltung eine arrondierte Fläche von rund 70 ha für Vorführ-, Einstell- und Testzwecke zur Verfügung.

Es wurden 8 Roder geprüft: Agrifac BIG SIX, Grimme Maxtron 620, Grimme REXOR 620, Holmer Terra Dos T3, Kleine Beetliner Max, Kleine Beetliner Large, Ropa euro-Tiger mit 6- und 9-reihigem Rodevorsatz und Vervaet Beat Eater 625 [10; 11; 12; 13].



**Bild 4:** Absammeln der Massenverluste auf den Testflächen in Seligenstadt (links) und Bonitur-Probensäcke für die Bestimmung der Köpfqualität (rechts)

**Figure 4:** Weight loss picked up from the test area in Seligenstadt (left) and scoring sample bags to determine the beet topping quality (right)

Die Fahrgeschwindigkeit war mit > 6 km/h vorgegeben und wurde von dem 9-reihigen Ropa euro-Tiger mit 5,5 km/h unterschritten während der Holmer Terra Dos mit der höchsten Arbeitsgeschwindigkeit von 6,6 km/h eingesetzt wurde. Aus der Arbeitsbreite, der Fahrgeschwindigkeit und dem Ertrag (realer Ertrag nach Anlieferung an die Zuckerfabrik) ergab sich der Durchsatz der Maschinen, der bei den 6-reihigen Rodern zwischen 135 t/h und 150 t/h lag [10; 11].

Die zusammengefassten Ergebnisse sind in **Tabelle 1** mit den Testkriterien Erdanteil, relative Masseverluste sowie Köpfqualität dargestellt. Die Tabelle gibt darüber hinaus die Fahrgeschwindigkeiten der 8 Roder, den Durchsatz und die Rodetiefe an [10; 12].

**Tabelle 1:** Ergebnisse des Rodertests in Seligenstadt 2012

**Chart 1:** Lifting test results in Seligenstadt 2012

Hersteller	Fahrge- schwin- digkeit <i>km/h</i>	Durch- satz <i>t/h</i>	Rode- tiefe <i>cm</i>	Erd- anteil <i>%</i>	rel. Masseverluste				Köpfqualität		
					oberir- disch <i>%</i>	unterir- disch <i>%</i>	Wurzel- bruch <i>%</i>	Gesamt <i>%</i>	nicht geköpft <i>%</i>	gut geköpft <i>%</i>	zu tief geköpft <i>%</i>
Agrifac BIG SIX	5,9	135,4	10	4,8	1,7	0,6	4,2	6,5	15,8	82,8	1,4
Kleine Beetliner Large	6,1	139,6	6	6,8	0,9	0,5	3,1	4,6	37,8	61,4	0,8
Grimme REXOR 620	6,5	147,9	6,6	9,2	0,3	0,7	2,2	3,2	25,0	72,8	2,2
Vervaet Beet Eater	6,2	140,3	10	15,8	0,7	0,4	2,6	3,7	23,4	74,0	2,6
Ropa euro-Tiger V8-4	5,8	131,5	7	9,8	0,3	0,5	2,0	2,7	22,2	77,0	0,8
Ropa euro-Tiger V8-4 XL	5,5	186,5	7	10,4	0,5	0,8	2,3	3,6	7,2	91,8	1,0
Holmer Terra Dos T3	6,6	149,5	6,5	9,5	0,5	0,6	2,3	3,4	16,2	82,8	1,0
Kleine Beetliner Max	6,4	145,5	8,5	12,6	1,3	0,8	2,7	4,7	17,8	80,8	1,4
Grimme Maxtron 620	6,5	147,9	10	24,8	0,2	0,6	1,9	2,6	7,0 *	75,6 *	17,4 *
Mittelwert	6,2	147,1	8,0	11,5	0,7	0,6	2,6	3,9	19,2	77,7	3,2
* Maschine war mit einer Entblattungseinrichtung ausgestattet. Klassenzuordnung daher: Entblattung mit Blattresten, gut entblättert, Entblattung mit Verletzungen											

## Masseverluste

Die Masseverluste befinden sich in einem Streubereich von 2,6 % bis 6,5 %. Der größere Anteil wird von den Verlusten durch abgebrochene Wurzelspitzen bestimmt, der im Durchschnitt bei 3,9 % lag. Einen deutlich höheren Wert hat hier der Agrifac BIG SIX, der mit neun Siebsternen arbeitet. Die unter- und oberirdischen Verluste tragen mit durchschnittlich 0,5 % bis 0,7 % in deutlich geringerem Maß zu den Masseverlusten bei. Den günstigsten Wert bei den Masseverlusten erreicht erwartungsgemäß der Grimme Maxtron 620, der die Rüben schonend mit Nocken- und Zwickwalzen reinigt. Dass gute Werte auch mit Siebstern-Reinigungsanlagen erreicht werden können, zeigt der 6-reihige Ropa euro-Tiger.

## Erdanteil

Der Erdanteil, bestehend aus anhaftender und loser Erde, lag bei den Rovern zwischen 4,8 % und 24,8 %. Einerseits ist die Erdabscheidung abhängig von der Bodenart und dem Wassergehalt, der am Testtag bei durchschnittlich 25 % lag, andererseits von der Einstellung der Reinigungsorgane sowie vom Durchsatz. Die Einstellung der Siebstern-Reinigungsorgane beim Agrifac BIG SIX führte zwar zum geringsten Erdanhang, aber auch zu den höchsten Wurzelbruchverlusten. Der 9-reihige Ropa euro-Tiger hatte einen Erdanhang von 10,4 % bei gleichzeitig niedrigerem Wert für den Wurzelbruch.

## Köpfqualität

Die Köpfqualität wird im Wesentlichen von der Fahrgeschwindigkeit (ein Grund, diese als Testbedingung vorzugeben), der Bestandesdichte und der Einheitlichkeit der Scheitelhöhe bestimmt. Diese Faktoren begrenzen die vertikale Anpassung des Nachköpfers. Als Trend aus dem Rodertest 2012 kann festgehalten werden, dass erstmalig in den Seligenstädter-Tests ein erheblicher Anteil der Rüben nicht geköpft wurde, nämlich zwischen 3,2 % und 26,6 %. Die Entwicklung geht also zu einem deutlich flacheren Köpfschnitt, der auch einen erheblichen Teil der Rüben mit kurzer Blattbürste und ohne sichtbaren Köpfschnitt nach sich zieht.

Der Grimme Maxtron 620 war mit einem Entblattungsvorsatz ausgerüstet und wird hier in die gleichen Kategorien eingeordnet. „Nicht geköpft“ bedeutet in diesem Zusammenhang Rüben mit grünem Blattansatz und Blattstielen (7 %). Der Wert von 17,4 % „zu tief geköpfter Rüben“ - in diesem Falle Rüben, die zwar vollständig entblattet, aber auf Grund einer zu tiefen Einstellung durch die Schlägel verletzt wurden. Bei den Systemen mit Nachköpfen tritt die Kategorie der zu tief geköpften Rüben fast nicht auf.

## Laden und Reinigen

Grimme bietet nach Übernahme des Herstellers Kleine das Programm des Kleine Cleanliner Mega an. Ropa hat bei der Euro-Maus die Restrübenaufnahme am Ende der Miete automatisiert. Die Restrüben werden mit dem Beet-Catcher per Knopfdruck automatisch auf den Aufnahmetisch geräumt. Die Reinigungslader aus den Häusern Holmer und Ropa haben eine Aufnahmebreite von 9,50 m und 10 m erreicht und werden ebenfalls von Motoren nach der Abgasnorm TIER 4 angetrieben. Die Firma Brettmeister stellte erstmalig ein Ladesystem vor, das im Frontanbau von Traktoren betrieben wird und die Rüben wie bei den großen Reinigungsladern mit Finger- und Sternwalzen (5,3 m) aufnimmt (s. **Bild 5**).



**Bild 5:** Brettmeister Minimaus im Traktor-Frontanbau mit 5,3 m Aufnahmebreite (links) und Holmer Terra Felis mit 9,5 m breitem Aufnahmetisch (rechts)

**Figure 5:** Brettmeister Minimaus with 5.3 m capacity width to install in front of the tractor (left) and Holmer Felis with 9.5 m capacity width (right)

Das Gerät wiegt 5,3 t und ist für eine Überladeleistung von 120-200 t/h ausgelegt. Der Traktor muss für den Betrieb der Minimaus mit einem Kriechganggetriebe ausgerüstet sein.

## Arbeitsqualität der Reinigungslader

Vier Reinigungslader wurden an einer Miete getestet, die 6 Tage vorher angelegt und mit Vlies abgedeckt wurde. Der Erdanteil in der Miete betrug 7,5 %. In einem Teil des Tests wurde der Durchsatz bestimmt, der zwischen 180 t/h und 548 t/h lag. Die wesentlichen Kriterien der Arbeitsqualität der Reinigungslader sind die Zunahme der Wurzelspitzenbruchverluste und die Abnahme des Erdanteils. Dazu werden die Wurzelbruchverluste nach dem Reinigungsladen in **Tabelle 2** angegeben; diese liegen im Durchschnitt um 1,6 Prozentpunkte über den Verlusten, die bei der Ernte verursacht wurden. Da die gesamte Miete von demselben Roder angelegt wurde, kann von einem einheitlichen Grundwert ausgegangen werden und die Unterschiede in den Wurzelbruchverlusten repräsentieren damit den mehr oder weniger schonenden Umgang der Reinigungslader beim Abreinigen der Erde [12; 14]. Die durchschnittliche Erdabscheidung lag bei 2,3 Prozentpunkten.

**Tabelle 2:** Ergebnisse des Reinigungslader-Tests in Seligenstadt 2012 (Ausgangswerte: Erdanteil = 7,5%; Wurzelbruch = 2,1%)

**Chart 2:** Cleaning loader test results in Seligenstadt 2012 (output valves: 7.5 % soil tare; 2.1 % root damage)

Hersteller	Durchsatz t/h	Erdanteil %	Wurzelbruch %
Ropa euro-Maus 4	523,0	5,9	4,2
Holmer Terra Felis 2	547,8	3,4	3,3
Kleine RL 350 V	388,1	5,1	3,3
Brettmeister Minimaus	179,3	6,3	4,0
Mittelwert	409,5	5,2	3,7

## Zusammenfassung

Standen die Hersteller bisher für jeweils eine eigene technologische Strategie, sei es Köpfen oder Entblättern, 2- oder 3-achsig, Rad- oder Bandlaufwerk ergibt sich nun ein neues Bild. Der Kunde kann jetzt sowohl zwischen Hersteller und Technologie wählen. Eindeutig ist auch, dass weiter auf Größe gesetzt wird. Dieses bezieht sich auf Motor, Reihenzahl, Bunkerkapazität und Durchsatz.

Bei dem Test der Arbeitsqualität der Erntemaschinen wurde festgestellt, dass die Masseverluste im Durchschnitt bei 3,8 % lagen, mehr als 77 % der Rüben wurden gut geköpft bzw. entblattet. Ein deutlicher Trend, den Köpfschnitt sehr flach durchzuführen, ist zu verzeichnen; als Folge traten im Durchschnitt 19,2 % nicht geköpfte Rüben auf. Ein so hoher Wert in dieser Köpfqualitäts-Kategorie wurde weder bei den vorausgegangenen Tests in Seligenstadt noch in Lelystad (Niederlande, 2010) festgestellt. Der Erdanteil lag im Durchschnitt bei 11,5 % und ist durch den sehr hohen Wert eines Roders beeinflusst, ansonsten würde der Mittelwert bei 9,8 % liegen.

Die Reinigungslader zeichnen sich durch eine im Vergleich zu dem Test in 2006 um 28 % höhere Ladeleistungen aus. In Bezug auf die Arbeitsqualität ist ein Anstieg des Wurzelbruches um 0,3 Prozentpunkte und keine Veränderung des Erdanteils zu verzeichnen.



## **Literatur**

- [1] WVZ: Jahresbericht 2012/13 Wirtschaftliche Vereinigung Zucker und Verein der Zuckerindustrie Bonn 2014
- [2] Buhre, C.; Ladewig, E.: Ergebnisse der Umfrage zur Produktionstechnik im Zuckerrübenanbau (1994-2010). Katalog zur Internationalen Vorführung beet europe Julius-spital 17.10.2012, Hrsg. Verband Fränkischer Zuckerrübenbauer e.V. Eibelstadt, S.13-20
- [3] Ziegler, K.: Welt-Agrartechnik-Messe Nr. 1. Zuckerrübenzeitung 2013, S. 20-22
- [4] Schulze Lammers, P.; Schmittmann, O.: Alle Hersteller erweitern die Produktpalette. Zuckerrübenjournal, LZ 50, 2013, S. 10-13
- [5] Schulze Lammers, P.; Schmittmann, O.: Vollständige Produktpalette zur Rübenenernte - Trends und Neuheiten auf der Agritechnica 2013. Zuckerrübe 6/2013, 62, S.8-10
- [6] Ziegler, K.: Trends bei der Erntetechnik für Zuckerrüben. dzz Die Zuckerrübenzeitung, Nr. 5, Okt. 2013, S. 32-33
- [7] Schulze, S.; Eickel, G.: Rexor mit drei Achsen. Profi 2/2013, S. 36-38
- [8] Brantner, J.; Loyer, R. und Eigner, H.: Gewichtige Erntetechnik mit bodenschonenden Details. Agro-Zucker Agro-Stärke, 5/2014, S.23-25
- [9] Schulze Lammers, P.; Schmittmann, O.: Bett Europe 2014 in Polen. Zuckerrübenjournal LZ 50, 2014, S. 17-19
- [10] Schmittmann, O.; Schulze Lammers, P.: Rodequalität - Entwicklung, Unterschiede und Bedeutung. Zuckerrübe 5/2013, 62, S. 43-45
- [11] Schulze Lammers, P.; Schmittmann, O.: Testing of sugar beet harvesters in Germany 2012. International Sugar Journal 2013 115/1370, S.100-106
- [12] Schulze Lammers, P.; Schmittmann, O.; Peveling-Oberhag, C. und Ziegler, K.: Wie gut arbeiten Roder und Mäuse - Ergebnisse des Rodertests Seligenstadt 2012. Zuckerrübenjournal, LZ 49, 2012, S. 8-11
- [13] Limb, R.: Harvesting demonstration in Germany. British sugar beet review, 2012, 80/4, S. 39-41
- [14] Eickel, G.; Schulze Lammers, P. und Schmittmann, O.: Reinigungslader im Test. Profi 2/2013, S. 74-78

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Wissenschaftliches Review / Scientific Review**

Erfolgreiches Review am 10.02.2015

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Schulze Lammers, Peter: Zuckerrübenerntetechnik. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2014. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2015. S. 1-11

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055069>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/202.html>

## Technik in der Rinderhaltung

Georg Wendl,

Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

### Kurzfassung

Die allgemeine Entwicklung in der Milchviehhaltung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Herdengrößen weiter wachsen und die Anforderungen hinsichtlich Nachhaltigkeit und gesellschaftliche Akzeptanz steigen. Die allgemeine Tendenz, mehr und mehr Tätigkeiten zu automatisieren, setzt sich auch in der Milchviehhaltung beständig fort. Für automatische Fütterungssysteme ist inzwischen das Marktangebot sehr vielseitig. Neben den bekannten automatischen Melksystemen wurden inzwischen in großen Beständen auch die ersten automatisierten Karussell-Melkstände installiert. Im Bereich der Tierüberwachung gewinnt die automatische Erfassung des Fressverhaltens an Bedeutung. Erstmals ist auch ein Sensor zur automatischen Körperkonditionsbestimmung kommerziell verfügbar. Für das Herdenmanagement werden zunehmend mobile und vernetzte Softwarelösungen entwickelt und eingesetzt.

### Schlüsselwörter

Milchvieh, Automatisierung, Füttern, Melken, Sensoren, Software

## Machinery and Techniques for Cattle Husbandry

Georg Wendl,

Institute for Agricultural Engineering and Animal Husbandry, Bavarian State Research Center for Agriculture

### Abstract

Further development in dairy husbandry is characterized by growing herd sizes and increasing claims for sustainability and social acceptance. The general tendency to automation can also be observed in dairy husbandry. Various automatic feeding systems are offered on the market in the meantime. Besides the well-known automatic milking systems the first automatic rotary systems have been installed in large dairy herds. Regarding animal monitoring, automatic registration of feeding behavior becomes more important. For the first time a body-condition-score sensor is commercially available. Concerning herd management, mobile and web-based software solutions are increasingly developed and implemented.

### Keywords

Dairy cow, automation, feeding, milking, sensors, software

## **Allgemeine Rahmenbedingungen**

Nach dem Auslaufen der Milchquotenregelung zum 31.03.2015 bestehen für die Milcherzeuger in Deutschland bei einem wachsenden Weltmarkt gute Absatzchancen, wenn die Wettbewerbsfähigkeit im Auge behalten und das Risikomanagement ausgebaut wird. Prognosen besagen, dass auf dem Weltmarkt die Gesamtnachfrage für Milchprodukte bis 2022 um 22 % stark steigen dürfte, während das Nachfragewachstum in den Industrieländern mit 5 % vergleichsweise gering ausfallen dürfte [1]. Nach Berechnungen des Thünen-Instituts wird die Milcherzeugung in Deutschland bis zum Jahr 2023 um 18 % zunehmen, da die Milchleistung pro Kuh weiter steigen wird und auch die Kuhbestände leicht zunehmen werden. Die bisher bekannte Wanderung der Milcherzeugung dürfte sich weiter fortsetzen. Vor allem in den Küstenregionen, am Niederrhein, in einigen Mittelgebirgslagen sowie im Allgäu und Voralpenraum wird sich die Milcherzeugung weiter ausdehnen. Dagegen wird die Milcherzeugung insbesondere auf Ackerstandorten wie etwa der Köln-Achener Bucht, der Hildesheimer Börde und dem Nordosten von Brandenburg sowie auf weniger wettbewerbsfähigen Grünlandstandorten (z. B. Schwarzwald oder Teile Hessens) weiter abnehmen [2].

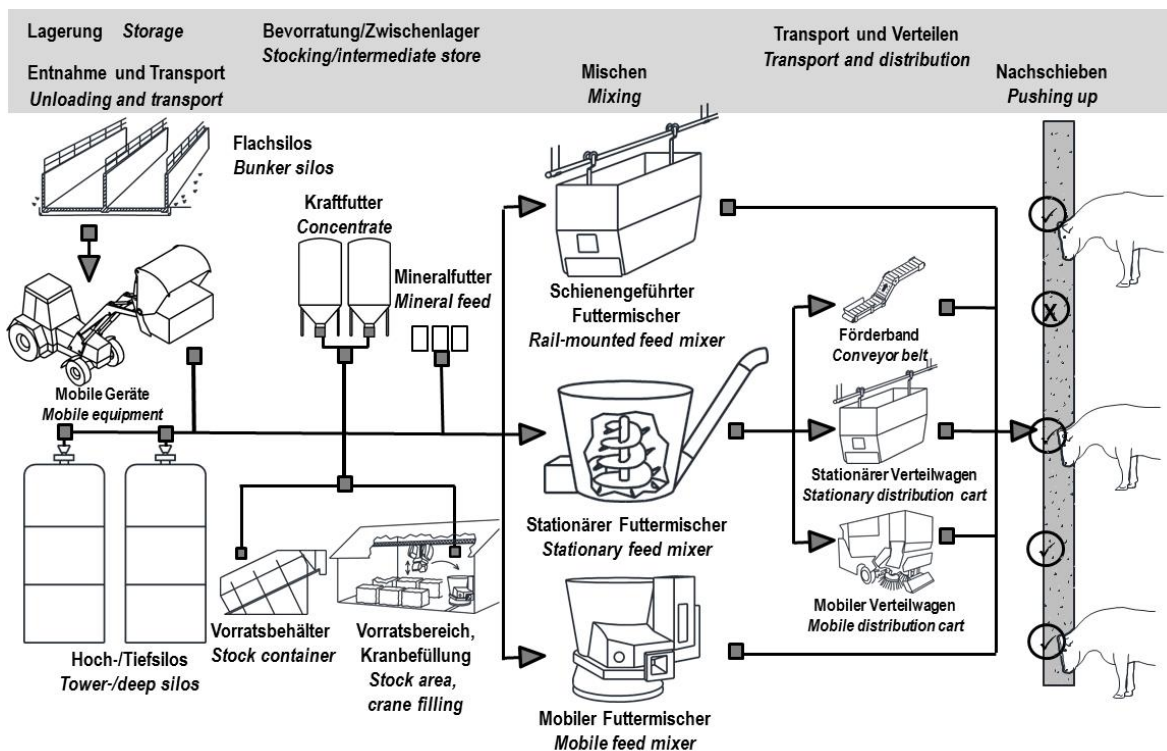
Der Strukturwandel in der Milchviehhaltung, der in der Vergangenheit durch die Milchquote nicht verhindert werden konnte, wird auch in den kommenden Jahren weitergehen. In Deutschland wird vor allem die Zahl der Milchviehbetriebe mit mehr als 100 Kühen deutlich wachsen, die Wachstumsschwelle liegt derzeit schon bei 100 Kühen. Dies führt dazu, dass in zehn Jahren die durchschnittliche Herdengröße bei etwa 90 Kühen je Betrieb liegt (d. h. eine Steigerung um 66 % zu heute), dass etwa 15.000 Betriebe mehr als 100 Kühe halten und dass ca. 60 % der Kühe in diesen Beständen stehen. Nicht mehr die Milchquote wie bisher, sondern die verfügbare Fläche wird mehr und mehr zum beschränkenden Faktor [3].

Die gesellschaftliche Diskussion um die Tierhaltung berührt zunehmend auch die Milchviehhalter. Hervorgerufen durch Nicht-Regierungs-Organisationen fordert der Handel vermehrt von Molkereiunternehmen, eigene Nachhaltigkeitsprogramme für die Milcherzeugnisse zu entwickeln [4] (z. B. Deutsches Milchkontor [5], Frieslandcampina [6]). Diese Programme werden schrittweise umgesetzt und betreffen Themen wie Kuhkomfort, Tiergesundheit, Haltungstechnik, Energieeffizienz, Management. Eine erste Status-Quo-Analyse ausgewählter Nachhaltigkeitsaspekte der Milchviehhaltung in Niedersachsen liegt inzwischen vor [7]. Eine Bestandsaufnahme ist aber nur der erste Schritt, weitere Schritte hin zu einer kontinuierlichen Verbesserung verschiedener Nachhaltigkeitskriterien sind künftig zu realisieren.

Um die gesellschaftliche Akzeptanz der Milchviehhaltung zu verbessern, sind von Forschung, Industrie, Beratung und Praxis innovative Haltungskonzepte zu entwickeln und zu erproben. Ein Beispiel für ein derartiges innovatives Konzept ist der sogen. Garten-Stall aus den Niederlanden, der den Kühen natürliche Lebensbedingungen bieten, das Wohlbefinden der Kühe und deren Lebensleistung steigern, die Emissionen reduzieren und das Image der Milchviehhalter steigern soll [8].

## Fütterungstechnik

Die Automatisierung der Fütterungsarbeiten befindet sich in der Markteinführung. In Deutschland sind derzeit deutlich über 100 Anlagen auf praktischen Betrieben installiert, davon mehr als die Hälfte in Bayern [9]. Von mehreren Herstellern werden inzwischen verschiedenste Systeme auf dem Markt angeboten, die halb- oder vollautomatisch die Fütterung ausführen können (**Bild 1**). Bei halbautomatischen Systemen erfolgt die Futterentnahme noch manuell mit Hilfe eines Schleppers oder Radladers, während das Mischen, Verteilen sowie Nachschieben des Futters automatisch mehrmals am Tag durchgeführt wird. Vollautomatische Systeme sind bisher am Markt nur mit Hoch-/Tiefsilos realisiert, da eine autonome Siloentnahme am Fahrsilo noch nicht verfügbar ist [10]. Arbeitszeitkalkulationen zeigen, dass der Arbeitszeitbedarf bei Beständen von 100 - 200 Kühen zwischen 4,5 und 2 AKh/Kuh und Jahr liegt, je nachdem welche Entnahmetechnik verwendet wird und ob die Vorratsbehälter/Mischer einmal am Tag oder alle zwei Tage befüllt werden. Bei vollautomatischen Varianten liegt der Zeitbedarf sogar unter 1 AKh/Kuh und Jahr [9].



**Bild 1:** Überblick über die verschiedenen Systeme der automatischen Fütterung [10].

**Figure 1:** Overview of different systems for automatic feeding [10].

Für die Überwachung der Futtermittelversorgung ist die Kenntnis der tierindividuellen Futteraufnahme notwendig. Diese kann zwar mit elektronischen Wiegetrögen erfasst werden, aber diese Technik ist für die praktische Milchviehhaltung aus Kostengründen nicht umsetzbar. Als Lösungsmöglichkeit könnte die Überwachung des Futteraufnahmeverhaltens (Zeitdauer der Futteraufnahme und des Wiederkauens) mit Hilfe von Kau-/Wiederkauensensoren dienen. Erste Versuche mit einem Drucksensor (ART-MSR Wiederkauensensor)

zeigen das Potenzial für eine Schätzung der Futteraufnahme anhand der Kauaktivität auf, allerdings sind weitere Untersuchungen auf breiterer Basis notwendig [11]. In einem noch früheren Stadium befindet sich ein Sensor, der auf dem Prinzip der Elektromyographie (EMG) die Kaumuskelaktivität erfasst. Der EMG-Sensor hat seine Eignung zur Erfassung des Fütterungsverhaltens bewiesen, aber bis zum Einsatz als praktisches Managementtool sind weitere Entwicklungsschritte notwendig [12].

## **Melktechnik**

Für die Melkarbeit haben sich Melkroboter in Form von Einboxen- oder Mehrboxenanlagen in mittleren Milchviehbetrieben etabliert, blieben aber bisher in großen Milchviehbetrieben eher die Ausnahme. Zwar gibt es beispielsweise in Sachsen etwa 15 Betriebe mit acht und mehr Melkrobotern, doch auf Grund des höheren Investitionsbedarfs ist die Verbreitung in Großbetrieben eher gering [13]. Speziell für diese Betriebe wurden vollautomatisierte Roboter-Melkkarusselle entwickelt, die sich derzeit in zwei verschiedenen Varianten in der Markteinführung befinden. Das automatisierte Karussell AMR™ der Firma DeLaval (Innenmelker mit 24 Melkplätzen und fünf Roboterarmen) wurde kommerziell erstmals 2011 in Australien installiert. Bis Anfang 2015 waren weltweit mehr als 10 Installationen in vier verschiedenen Ländern in Betrieb. In Deutschland wird Mitte 2015 das vierte System in Betrieb gehen [14]. Die Firma GEA Farm Technologies hat mit ihrem automatisierten Karussell (Außenmelker mit autonomen Melkmodulen DairyProQ) im Jahr 2013 auf einem ersten deutschen Testbetrieb mit 32 Melkmodulen den Dauerbetrieb aufgenommen. 2014 kam ein zweiter Testbetrieb mit 40 Melkmodulen hinzu, 2015 werden weitere folgen [15].

In automatischen Melksystemen ist eine Vielzahl von elektrischen Verbrauchern verbaut. Daher ist der Energieverbrauch der Systeme ein wichtiges Beurteilungskriterium. Da Stromverbrauchsmessungen auf Praxisbetrieben beim gleichen Fabrikat in Abhängigkeit vom Management um bis zu 30 % schwanken und daher wenig aussagefähig sind, wurde am DLG-Testzentrum ein weltweit erstes standardisiertes Messverfahren für den Verbrauch von Strom, Wasser und chemischen Betriebsmitteln entwickelt und an einem Fabrikat durchgeführt [16].

Automatische Melksysteme wurden bisher ausschließlich bei Milchkühen eingesetzt. Eine erste Untersuchung zum Einsatz einer Einboxenanlage bei Milch-Büffeln zeigt, dass diese Systeme auch zum freiwilligen Melken von Büffeln geeignet sind und eine vielversprechende Alternative zum konventionellen Melken darstellen [17].

Alle kommerziellen Ansetzautomatiken beim automatischen Melken basieren darauf, dass mit verschiedenen optischen Systemen die Position jeder einzelnen Zitze bestimmt und anschließend der Zitzenbecher angesetzt wird. Der Zeitbedarf für das Ansetzen der vier Melkbecher kann bis zu 2 min. dauern, ein Melker dagegen kann das Ansetzen in 10 sec. zuverlässig erledigen. Deshalb wurde in einer Entwicklungsarbeit versucht, mit einer Kombination aus einer Thermografiekamera und zwei Stereokameras die 4 Zitzen gleichzeitig in Echtzeit zu orten. Die Labortests zeigen sehr vielversprechende Ergebnisse (Ortungszeit der vier Zitzen < 1 sec.), so dass eine Weiterentwicklung und Feldversuche vorgeschlagen werden [18].

### Sensorgestützte individuelle Tierüberwachung

3D-Beschleunigungssensoren werden seit längerer Zeit für die Brunsterkennung und für die Erfassung des Bewegungsverhaltens in Wissenschaft und Praxis eingesetzt. Dazu liegen inzwischen viele Veröffentlichungen vor und beweisen deren Tauglichkeit (z. B. für Brunsterkennung Sensitivität ~ 80 - 90 %, Spezifität > 90 %) [19]. Erstmals wurde nunmehr das CowManager SensOor System der Firma Agis Automatisierung, das schon kommerziell verfügbar ist, wissenschaftlich untersucht. Dieser Sensor wird an einer elektronischen Ohrmarke zur Tieridentifikation befestigt und erfasst die Ohrtemperatur sowie das Fress-, Wiederkau- und Aktivitätsverhalten. Die Fragestellung war, ob über die Bewegungen des Ohres die Verhaltensmuster "Wiederkauen", "Fressen", "Ruhen" und "Aktiv" im Vergleich zur visuellen Beobachtung eindeutig klassifiziert werden können. Die Ergebnisse zeigen, dass der Sensor für die Überwachung des Wiederkau- und des Ruheverhaltens sehr gut geeignet ist. Er ist ebenso für die Überwachung des Fressverhaltens in Praxisbetrieben geeignet, während bei der Klassifizierung "Aktiv" keine so hohe Übereinstimmung zur visuellen Beobachtung festgestellt wurde [20].

Eine zentrale Größe in der Gesundheitsüberwachung stellt die Körpertemperatur dar. Standardmethode ist die manuelle rektale Messung über ein Fieberthermometer. Für eine permanente automatische Erfassung der direkten Körperkerntemperatur sind bisher keine praktikablen Sensoren verfügbar. Als indirekter Parameter bietet sich die Milchtemperatur an, die in automatischen Melksystemen kontinuierlich bei jeder Melkung registriert wird. Eine zuverlässige Erkennung von kranken Kühen anhand der Milchtemperatur ist allerdings nicht möglich. Nur 65 % der Kühe, die an Hand der Vaginaltemperatur als fiebrig klassifiziert wurden, konnten auch über die Milchtemperatur korrekt identifiziert werden [21]. Eine Alternative zur Milchtemperaturmessung ist die Messung der Pansentemperatur über einen Pansenbolus mit integriertem Temperatursensor. Untersuchungen mit einem batterielosen Pansenbolus, der im Gegensatz zu einem batteriegespeisten lebenslang genutzt werden kann, zeigten aber auch keine zuverlässige Erkennung von kranken Kühen. Bei einem Anstieg der gemessenen Temperatur um 0,8 °C gegenüber dem Basiswert wurde für die Erkennung von Mastitis eine Sensitivität von 67 % bei einer Spezifität 77 % und für die Erkennung von Pneumonie eine Sensitivität von 77 % bei einer Spezifität von 69 % erreicht. Keine signifikanten Unterschiede wurden bei Kühen mit Lahmheit oder Metritis gefunden [22].

Zur frühzeitigen Erkennung von Stoffwechselkrankheiten werden seit ein paar Jahren Wiederkausensoren kommerziell eingesetzt. Der Prozess des Wiederkauens wird allerdings von vielen Faktoren (Gesundheitsstatus, Zusammensetzung der Futterration, Futterqualität, Reproduktionsstatus, Milchleistung, Hitzestress etc.) beeinflusst [23]. Auch tierindividuelle Unterschiede treten auf, bei manchen Kühen wurde eine sehr gute Übereinstimmung der automatisch gemessenen Wiederkauzeit mit der beobachteten Wiederkauzeit festgestellt, bei anderen dagegen nur eine geringe Übereinstimmung [24]. Aus dem Verlauf der Wiederkauzeit vor und nach der Kalbung können aber Rückschlüsse auf den Gesundheitszustand der Kühe gezogen werden. So wurde beobachtet, dass bei der Kalbung die Wiederkauzeit auf 70 % des Niveaus in der Trockenstellperiode sinkt und nach der Kalbung

wieder ansteigt. Bei Kühen mit einem langsameren Anstieg wurden in 90 % der Fälle klinische Erkrankungen in den ersten Laktationstagen festgestellt, bei Kühen mit einem schnelleren Anstieg dagegen nur in 40 % der Fälle. Das Ausmaß des Anstiegs kann also Hinweise auf ein höheres Krankheitsrisiko geben. Allerdings müssen noch Grenzwerte für die unterschiedlichen Fütterungssysteme entwickelt werden [23]. Auch während der Brunst verändert sich das Wiederkauverhalten. Untersuchungen zeigten, dass am Tag der Brunst die Wiederkauaktivität im Durchschnitt um ca. 20 % zurückgeht, während die Aktivität ansteigt. Es ist daher davon auszugehen, dass über die beiden Parameter "Aktivität" und "Wiederkau-/Fressaktivität" mit geeigneten Algorithmen die Sicherheit der automatischen Brunsterkennung gesteigert werden kann [25; 26].

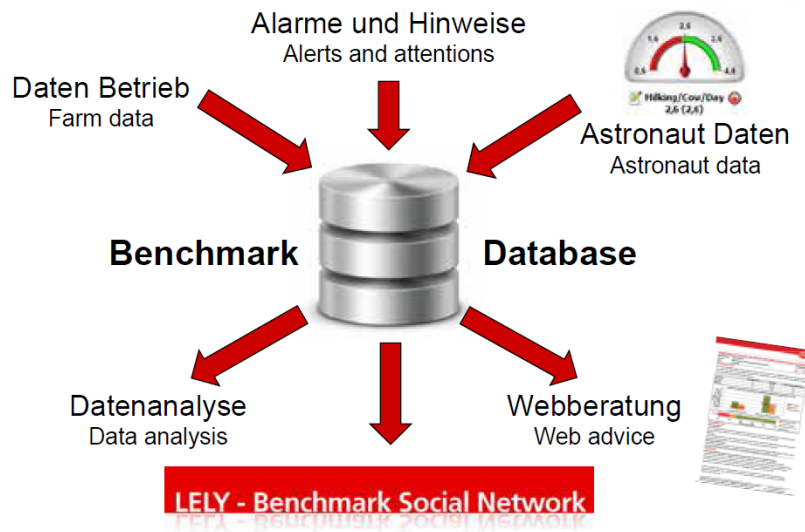
Die automatische Erfassung der individuellen Wasseraufnahme könnte ein weiteres Monitoringverfahren sein. So ergaben Untersuchungen zur täglichen Wasseraufnahme, dass die Wasseraufnahme unmittelbar vor der Brunst signifikant verringert wird. In Verbindung mit einer Aktivitätsmessung und/oder Messung der Wiederkauaktivität könnte damit die Brunsterkennung noch weiter verbessert werden [27].

Die Beurteilung der Körperkondition einer Kuh wird allgemein als ein wichtiges Hilfsmittel für das Management einer Milchviehherde angesehen. Viele wissenschaftliche Untersuchungen liegen inzwischen vor, die bildgebende Verfahren als ein geeignetes Verfahren für eine automatische Bestimmung der Körperkondition bewerten und die eine sehr gute Übereinstimmung mit der visuellen Körperkonditionsbewertung erzielt haben [28 bis 30]. Erstmals wurde auf der EuroTier-Ausstellung 2014 von der Firma DeLaval ein kommerzielles System zur automatischen Körperkonditionsbestimmung vorgestellt, das mit einer 3D-Kamera, die auf einer Sortierschleuse oder Melkbox des Melkroboters installiert ist, das Profil des Kuhrückens erfasst und daraus einen Körperkonditionswert berechnet [31].

### **Datenmanagement - mobil und mit der Cloud**

Mit zunehmendem Einsatz von Sensoren für die Tierüberwachung und von Automatisierungslösungen wächst die Datenmenge im Milchviehbetrieb. Für das einzelbetriebliche Datenmanagement zeichnet sich ab, dass mehr und mehr mobile Anwendungen (Apps) und serverbasierte Lösungen auf den Markt kommen und die bisherigen stationären Managementsysteme ergänzen. Beispiel dafür ist etwa das mobile Managementsystem T4C InHerd der Firma Lely, mit dem in Ergänzung zum stationären Managementprogramm T4C ortsunabhängig und online das tägliche Management der Milchviehherde unterstützt wird. Die Firma Lely bietet inzwischen auch eine Cloud-basierte Benchmark-Datenbank an, in der Betriebsdaten, Roboterdaten, Alarmer und Hinweise gespeichert werden (**Bild 2**). Auf der Grundlage dieser Datenbank werden verschiedene Services angeboten, mit denen der Milchviehhalter einen horizontalen Betriebsvergleich und eine Web-Beratung durchführen kann und die auch der Hersteller für anonymisierte Auswertungen zur Produktentwicklung nutzen kann [32].





**Bild 2:** Lely Benchmark-Datenbank als zentrales System für verschiedene Services [32].

**Figure 2:** Lely Benchmark Database as central system for different services [32].

Einen neuen Weg, der die bisherigen klassischen Insellösungen ablöst, geht die Firma GEA Farm Technologies mit der Integration ihres neuen Herdenmanagements DairyNet in das herstellerübergreifende Farmmanagement-Informationssystem 365FarmNet. Alle Stamm-, Planungs- und Prozessdaten aus Pflanzenbau und Tierhaltung werden mit einer einzigen Software vernetzt und stehen als zentraler Datensatz für alle Managementaufgaben zur Verfügung. Die Software wird als lokale Stand-alone-Lösung, als vernetzte Web-Version unter 365FarmNet und als mobile App-Version in Kürze im Markt eingeführt [33].

## Zusammenfassung

Nach dem Auslaufen der Milchquotenregelung und bei einem wachsenden Weltmarkt wird die deutsche Milcherzeugung weiterhin gute Marktchancen haben, wenngleich die verfügbare Fläche als begrenzender Faktor wirkt und die gesellschaftlichen Anforderungen steigen. In der Haltungstechnik wird in allen Bereichen die Automatisierung weiter voranschreiten mit dem Ziel, die Arbeitsproduktivität und die Produktionseffizienz zu erhöhen. Neben den schon bekannten Sensorsystemen werden neuere Sensoren zur genaueren Erfassung des Aktivitäts- und Fress-/Wiederkauverhaltens den Weg in die Praxis finden, um die Tierüberwachung weiter zu verbessern. Für die automatische Körperkonditionsbestimmung ist inzwischen ein erstes kommerzielles System verfügbar. Beim Herdenmanagement geht der Trend zu mobilen und web-basierten Softwareanwendungen.

## **Literatur**

- [1] Thiele, H. D., Richarts, E. und Burchardi, H.: Weg ins Ungewisse. dlz 65 (2014) H.11, S. 138 – 141.
- [2] Offermann, F., Deblitz, C., Golla, B., Gömann, H., Haenel, H-D., Kleinhanß, W., Kreins, P., Ledebur von, O., Osterburg, B., Pelikan, J., Röder, N., Rösemann, C., Salamon, P., Sanders, J. und de Witte, T.: Thünen-Baseline 2013–2023: Agrarökonomische Projektionen für Deutschland. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 2014, 112 p, Thünen Rep 19.
- [3] Göbel, T.: 40 % weniger Milchbauern. DLG-Mitteilungen 130 (2014) H. 11, S. 88 - 90.
- [4] Lehmann, N.: Ende der Schonfrist. Agrarmanager 2014 H. 2, S. 38.
- [5] -, -: Nachhaltigkeitsprogramm DMK 2020: Unsere Milch. Unsere Welt. DMK Deutsches Milchkontor, [http://www.dmk.de/lookbook/pdf/DMK\\_FactSheet\\_D\\_2013.pdf](http://www.dmk.de/lookbook/pdf/DMK_FactSheet_D_2013.pdf), 13.02.2014.
- [6] -, -: Nachhaltigkeitsprogramm für die Milchviehhaltung. FrieslandCampina, <http://www.frieslandcampina.com/english/news-and-press/news/corporate-news/~media/4bbd87160c7647aa9a2b7e327e9518e2.ashx>, 13.02.2015.
- [7] Lassen, B., Nieberg, H., Kuhnert, H. und Sanders, J.: Status-quo-Analyse ausgewählter Nachhaltigkeitsaspekte der Milcherzeugung in Niedersachsen. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 116 p, Thünen Working Paper 28, 2014, [https://www.ti.bund.de/media/publikationen/thuenen-workingpaper/ThuenenWorkingPaper\\_28.pdf](https://www.ti.bund.de/media/publikationen/thuenen-workingpaper/ThuenenWorkingPaper_28.pdf), 13.02.2015
- [8] Liste, P.: Kuh-Garten: Ein Stall für die Zukunft. Top agrar 43 (2014) H. 11, S. R6 - R10.
- [9] Siefer, V., Oberschätzl, R. und Haidn, B.: Futter-Roboter: Wie viel Zeit sparen sie wirklich? Top agrar 43 (2014) H. 3, S. R36 - R39.
- [10] Haidn, B., Mačuhová, J., Maier, S. und Oberschätzl, R.: Automatisierung der Milchviehhaltung in Beständen bis 200 Kühe – Schwerpunkt Fütterung. In: Tagungsband zur 14. Jahrestagung der Wissenschaftlichen Gesellschaft der Milcherzeugerberater e. V., 17. - 19. Sept. 2013, Kiel, <http://www.wgmev.de/download/jahrestagungen.html?task=document.viewdoc&id=218>, 13.02.2015
- [11] Pahl, C., Haeussermann, A., Hartung, E., Grothmann, A. and Malkow-Nerge, K.: Ability to estimate feed intake from feeding time, chewing and rumination activity. In: Proceedings of International Conference of Agricultural Engineering AgEng 2014, 6-10 July 2014 in Zurich (Switzerland), Ref: C0684, <http://www.geyseco.es/geystiona/adjs/comunicaciones/304/C06840001.pdf>, 13.02.2015
- [12] Büchel, S. and Sundrum, A.: Technical note: Evaluation of a new system for measuring feeding behavior of dairy cows. Computers and Electronics in Agriculture 108 (2014), pp. 12 - 16.

- [13] Liste, P.: Melker-Mangel: Sind Roboter die Lösung? Top agrar 43 (2014) H. 9, S. R24 - R27.
- [14] -, -: DeLaval AMR™. <http://www.delaval.de/About-DeLaval/EuroTier-2014/Sortiment-an-DeLavals-Messestand/DeLaval-AMR/>, 13.02.2015
- [15] -, -: Automatisches Melkplatzmodul DairyProQ vor der Markteinführung. Pressemitteilung der Firma GEA Farm Technologies vom 21. Mai 2014, <http://www.gea-farmtechnologies.com/de//de/mediacenter/news/2014/dairyproq.aspx>, 13.02.2015
- [16] Gäckler, S.: Neuer Messstandard für automatische Melksysteme: Melkroboter auf dem Prüfstand. profi 26 (2014) H. 11, S. 84 - 87.
- [17] Caria, M., Tongorra, F.M., Leonardi, S., Bronzo, V., Murgia, L. and Pazzona, A.: Evaluation of the performance of the first automatic milking system for buffaloes. Journal of Dairy Science 97 (2014) No. 3, pp. 1491 - 1498.
- [18] Ben Azouz, A., Esmonde, H., Corcoran, B. and O'Callaghan, E.: Development of a teat sensing system for robotic milking by combining thermal imaging and stereovision technique. Computers and Electronics in Agriculture 110 (2015), pp. 162 - 170.
- [19] Rutten, C.J., Velthuis, A.G.J., Steeneveld, W. and Hogeveen H.: Invited review: Sensors to support health management on dairy. Journal of Dairy Science 96 (2012) No. 4, pp. 1928 - 1952.
- [20] Bikker, J.P., Laar van, J., Rump, P., Doorenbos, J., Meurs van, K., Griffioen, G.M. and Dijkstra, J.: Technical Note: Evaluation of an ear-attached movement sensor to record cow feeding behavior and activity. Journal of Dairy Science 97 (2014) No. 5, pp. 2974 - 2979.
- [21] Pohl, A., Heuwieser, W. and Burfeind, O.: Technical Note: Assessment of milk temperature measured by automatic milking systems as an indicator of body temperature and fever in dairy cows. Journal of Dairy Science 97 (2014) No. 7, pp. 4333 - 4339.
- [22] Adams, A.E., Olea-Popelka, F.J. and Roman-Muniz, I.N.: Using temperature-sensing reticular boluses to aid in the detection of production diseases in dairy cows. Journal of Dairy Science 96 (2013) No. 3, pp. 1549 - 1555.
- [23] Calamari, L., Soriani, N., Panella, G., Petrera, F., Minuti, A. and Trevisi, E.: Rumination time around calving: An early signal to detect cows at greater risk of disease. Journal of Dairy Science 97 (2014) No. 6, pp. 3635 - 3647.
- [24] Hendriksen, K. and Büscher, W.: Validation of an acoustic rumination sensor for dairy cows. In: Proceedings of International Conference of Agricultural Engineering AgEng 2014, 6-10 July 2014 in Zurich (Switzerland), Ref: C0682, <http://www.geyseco.es/geystiona/adjs/comunicaciones/304/C06820001.pdf>, 13.02.2015.

- [25] Zehner, N., Härlimann, M., Nydegger, F. and Schick M.: Application of a chewing sensor (RumiWatch) for automatic heat detection in dairy cows: a pilot study. In: Proceedings of International Conference of Agricultural Engineering AgEng 2014, 6-10 July 2014 in Zurich (Switzerland), Ref: C0687, <http://www.geyseco.es/geystiona/adjs/comunicaciones/304/C06870001.pdf>, 13.02.2015
- [26] Reith, S., Brandt, H. and Hoy, S.: Simultaneous analysis of activity and rumination time, based on collar-mounted sensor technology, of dairy cows over the peri-estrus period. *Livestock Science* 170 (2014), pp. 219 - 227.
- [27] Karlstedt, D., Hoy, S., Hoffmanns, Ch. und Pries, M.: Mit der gemessenen Wasseraufnahme die Brunst besser erkennen. *Milchpraxis* 52 (2014) H. 2, S. 21 - 23.
- [28] Halachmi, I., Klopčič, M., Polak, P., Roberts, D.J. and Bewley, J.M.: Automatic assessment of dairy cattle body condition score using thermal imaging. *Computers and Electronics in Agriculture* 99 (2013), pp. 35 - 40.
- [29] Viazzi, S., Bahr, C., Hertem Van, T., Schlageter-Tello, A., Romanini, C.E.B., Halachmi, I., Lokhorst, C. and Berckmans, D.: Comparison of a three-dimensional and two-dimensional camera system for automated measurement of back posture in dairy cows. *Computers and Electronics in Agriculture* 100 (2014), pp. 139 - 147.
- [30] Bercovich, A., Edan, Y., Alchanatis, V., Parmet, Y., Honig, H., Maltz, E., Antler, A. and Halachmi, I.: Development of an automatic cow body condition scoring using body shape signature and Fourier descriptors. *Journal of Dairy Science* 96 (2013) No. 12, pp. 8047 - 8059.
- [31] -, -: Introducing DeLaval body condition scoring BCS - Daily, automatic scoring of your cows. [http://www.delaval.com/Global/About%20DeLaval/Body%20condition%20scoring\\_Brochure\\_V6\\_brochure.pdf](http://www.delaval.com/Global/About%20DeLaval/Body%20condition%20scoring_Brochure_V6_brochure.pdf), 13.02.2015.
- [32] Herd, D.: Vernetzung von Systemen und Cloud-Anwendungen in der Nutztierhaltung. *Landtechnik* 69 (2014) H. 5, S. 245 - 249.
- [33] -, -: GEA Farm Technologies: neuer Partner von 365FarmNet. Pressemitteilung der Firma GEA Farm Technologies vom 10. September 2014, <http://www.gea-farmtechnologies.com/de/de/mediacenter/news/2014/365farmnet.aspx>, 13.02.2015

---

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Wendl, Georg: Technik in der Rinderhaltung. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): *Jahrbuch Agrartechnik 2014*. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2015. S. 1-10

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055075>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/208.html>

## Technik in der Geflügelhaltung

Jutta Berk<sup>1</sup>, Maria-Elisabeth Krautwald-Junghanns<sup>2</sup>, Gerald Steiner<sup>3</sup>, Grit Preusse<sup>3</sup>, Thomas Bartels<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Institut für Tierschutz und Tierhaltung Celle, Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit

<sup>2</sup>Universität Leipzig, Klinik für Vögel und Reptilien

<sup>3</sup>Technische Universität Dresden, Klinisches Sensoring und Monitoring

### Kurzfassung

Aktuelle Schwerpunktthemen im Geflügelbereich sind nach wie vor Maßnahmen zur Verbesserung des Tierwohls, u.a. Alternativen zur Tötung männlicher Eintagsküken (in ovo Geschlechtsbestimmung), zur Schnabelbehandlung sowie zur weiteren Optimierung von Haltungssystemen mit Fokus auf Tiergesundheit, Stalltechnik und Hygiene. Neben Novellierungen gesetzlicher Tierschutzvorschriften soll hierzu auch die Förderung tiergerechter Halungsverfahren sowie die Einführung von Qualitätssiegeln für besonders tiergerecht erzeugte Produkte beitragen.

### Schlüsselwörter

Tierschutz, Qualitätssiegel, in ovo-Geschlechtsbestimmung, Endokrinologie, Spektroskopie

## Machinery and Techniques in Poultry Husbandry

Jutta Berk<sup>1</sup>, Maria-Elisabeth Krautwald-Junghanns<sup>2</sup>, Gerald Steiner<sup>3</sup>, Grit Preusse<sup>3</sup>, Thomas Bartels<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Animal Welfare and Animal Husbandry Celle, Federal Research Institute for Animal Health

<sup>2</sup>University of Leipzig, Clinic for Birds and Reptiles

<sup>3</sup>Dresden University of Technology, Clinical Sensoring and Monitoring

### Abstract

Current topics in the poultry sector are measures to improve animal welfare, including alternatives to the killing of male day-old chicks (in ovo gender determination), the beak-treatment and for the improvement of housing systems with a focus on animal health, stable technology and hygiene. In addition to the statutory amendments of animal welfare legislation the promotion of animal husbandry procedures and the introduction of quality labels for most animal-friendly produced products should be particularly encouraged.

### Keywords

Animal welfare, label, in ovo-gender determination, endocrinology, spectroscopy

## **Tierschutz in der Geflügelhaltung**

In Deutschland besteht eine hohe gesellschaftliche Akzeptanz für den Tierschutz, der seinen Ausdruck in der Formulierung des Tierschutzes als Staatsziel und in einem detaillierten Tierschutzgesetz findet [1]. Ziel des Tierschutzes ist die Schaffung einer tiergerechten Haltungsumwelt, in der die Nutztiere die Möglichkeit haben, art eigene Verhaltensweisen auszuüben und in der eine gute Tiergesundheit gefördert wird. Schwerpunktthemen im Geflügelbereich waren und sind unter anderem die Schnabelbehandlung bei Legehennen und Puten, die Tötung von männlichen Eintagsküken der Legelinien, der Einsatz von Antibiotika mit möglichen daraus resultierenden Resistenzen, aber auch Fragen der tiergerechten Haltung von Geflügel, unter anderem durch die Etablierung von höheren Tierschutzstandards z.B. bei Mastgeflügel. Die Anforderungen an das Halten von Nutztieren sind in der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung festgelegt (TierSchNutzTV) [2]. In Abschnitt 1 dieser Verordnung sind allgemeine Bestimmungen formuliert, während in den speziellen Teilen rechtsverbindliche Vorgaben an die Haltung von Nutztieren (Kälber, Schweine, Legehennen, Masthühner, Kaninchen und Pelztier) geregelt sind. Für die Haltung von Mastputen wurden bislang noch keine speziellen Rechtsvorschriften erlassen. Mindestanforderungen an eine tiergerechte Mastputenhaltung finden sich in den Bundeseinheitlichen Eckwerten für eine freiwillige Vereinbarung zur Haltung von Mastputen. Seit Januar 2014 ist dabei die Datenerfassung zur Etablierung eines Gesundheitskontrollprogrammes verpflichtend.

## **Verbesserung des Tierschutzes durch innovative Technik**

Eine Verbesserung des Tierschutzes kann neben der Anhebung der gesetzlichen Tierschutzvorschriften auch durch eine entsprechende Förderung tiergerechter Haltungsverfahren erfolgen. Weitere Möglichkeiten sind die Einführung bzw. Forcierung eines Qualitätssiegels für tiergerechte Produkte durch den Handel, die verpflichtende Kennzeichnung entsprechend der Haltungsform oder die Entwicklung spezieller Standards. Die Etablierung eines Tierschutzlabels durch den Deutschen Tierschutzbund soll einen höheren Tierschutzstandard fördern und damit gleichzeitig zu einer Weiterentwicklung von tiergerechten Praktiken beitragen. Gegenwärtig gibt es dieses zweistufige Label (Einstieg- und Premiumstufe) für Mastschweine und Masthühner in Deutschland [3]. Kriterien der Einstiegsstufe für Masthühner sind eine Bestandsobergrenze von 60.000 Masthühnern bei einer maximalen Besatzdichte von 25 kg/m<sup>2</sup> bzw. 15 Tiere/m<sup>2</sup>, während in der Premiumstufe 16.000 Masthühner bei einer maximalen Besatzdichte von 21 kg/m<sup>2</sup> bzw. 10 Tiere/m<sup>2</sup> erlaubt sind. Es dürfen nur langsam wachsende Zuchtlinien mit einer maximalen Tageszunahme von 45 g verwandt werden. Weiterhin werden ein Kaltscharrraum, Strukturierungen und Beschäftigungsmaterial gefordert. Im Premiumstandard müssen die Tiere einen Auslauf von 4 m<sup>2</sup> pro Masthuhn zur Verfügung haben. Die Gruppengröße darf 4.800 Tiere nicht überschreiten. Das Tierschutzlabel des Deutschen Tierschutzbundes bezieht sich auf die gesamte Produktionskette und unterliegt einer durchgängigen Zertifizierung und Kontrolle, wobei eine Nichteinhaltung der Vorgaben auch zum Ausschluss des Mästers führen kann (Anwendung von KO-Kriterien). Ein ebenfalls zweistufiges Tierschutzsiegel mit der Bezeichnung "Tierschutzkontrolliert" mit

einem Stern für "gut" bzw. drei Sternen für "sehr gut" entwickelte die Tierschutzorganisation "Vier Pfoten" [4].

Auch die EuroTier 2014 stand unter dem zentralen Thema Tierwohl. Dies zeigte sich unter anderem in Neu- und Weiterentwicklung in den Bereichen Tiergesundheit, Hygiene und Stalltechnik, die auf eine Verbesserung des Tierwohls ausgerichtet waren. Die Entwicklung von Material zur Beschäftigung der Tiere zur Vorbeugung bzw. Vermeidung von Federpicken und Kannibalismus rückt immer mehr in den Vordergrund. Dazu gehören Pickblöcke (z. B. Agrarvis) oder aufhängbare Pickschalen (Bergin Pickaktiv) für Legehennen, Broiler und Puten der Fa. Bergophor, aber auch ein vielseitig einsetzbares Einstreu- und Fütterungssystem (JHminiStrø) der Fa. JH Agro, Dänemark [5; 6; 7]. Dieses System ermöglicht es, bei Bedarf mehrmals im Stall nachzustreuen, wobei verschiedene Einstreumaterialien wie Stroh, Heu, Hobelspäne oder auch Sand genutzt werden können (**Bild 1**). Gleichzeitig eignet es sich aber auch zum Ausbringen von Raufutter z. B. Maissilage für Legehennen in Biobetrieben [8].



**Bild 1:** Befüllstation mit Einstreu- und Fütterungsautomat JHminiStrø (Foto: JH Agro)

**Figure 1:** Filling station with storage and feeding robot JHminiStrø (Photo: JH Agro)

Das System arbeitet vollautomatisch, erleichtert damit dem Landwirt die Arbeit und hilft Zeit zu sparen. Gleichzeitig ermöglicht es ein individuelles Einstreuen in Abhängigkeit von den Gruppen bei gleichmäßiger Verteilung des Materials. Es besteht aus einem Einstreuautomaten (Ladevolumen 0,28 bis 3 m<sup>3</sup>), der sich auf einem an der Decke installierten Schienensystem (maximal 18 verschiedene Bahnen) im Stall und/oder im Scharrraum/Wintergarten bewegt, ohne direkten Kontakt zu den Tieren oder Stallgeräten zu haben und einer Befüllstation (**Bild 2**). Dabei kann ein Einstreu- und Fütterungsautomat Material von bis zu vier verschiedenen Befüllstationen holen. In offenen Ställen mit natürlicher Belüftung, wie beispielsweise in Putenställen, kann das automatische Einstreuen gestört werden. Aus diesen Gründen wurde ein System zum automatischen Öffnen bzw. Schließen der Jalousien entwickelt, das in das vorhandene Steuerungssystem integriert werden kann. Fährt der Automat beim Einstreuen an den Jalousien vorbei werden diese durch Abgabe eines entsprechenden Sig-



nales geschlossen. Nach Abschluss des Einstreuprozesses erfolgt ein automatisches Öffnen der Jalousien. In Abhängigkeit vom Bedarf kehrt der leere Roboter automatisch zur Befüllstation zurück, wird wieder aufgefüllt und kehrt an die Stelle im Stall bzw. im Außenbereich zurück, wo er mit der Verteilung aufgehört hat. Diese Systeme gibt es in verschiedenen Größen und Ausführungen, so dass eine optimale Abstimmung für die jeweilige Stallgröße und das Material möglich ist. Der Antrieb (2 bis 30 m/min.) erfolgt über integrierte geräuscharme Akkus, die ebenfalls selbstständig an einer Ladestation aufgeladen werden. Die justierbare Verteilbreite ist zwischen 1 und 5 m einstellbar.



**Bild 2:** Einstreu- und Fütterungsautomat JHminiStrø (Foto: JH Agro)

**Figure 2:** Storage and feeding robot JHminiStrø (Foto: JH Agro)

### **Geschlechtsfrühdiagnose in der Legehennenvermehrung**

Die Problematik der routinemäßigen Tötung männlicher Eintagsküken im Rahmen der Legehennenvermehrung ist nach wie vor von erheblichem öffentlichem Interesse. Nachdem das Bundesland Nordrhein-Westfalen bereits zu Jahresbeginn den ansässigen Brütereien das Töten männlicher Eintagsküken mit einer Übergangszeit bis zum 1. Januar 2015 untersagt hat, soll das Verbot auch in Hessen umgesetzt werden, sobald ein geeignetes technisches



Verfahren zu Geschlechterbestimmung im Ei verfügbar ist. Die Agrarministerkonferenz hat sich in diesem Zusammenhang für eine weitere Unterstützung von Forschungsaktivitäten bezüglich Alternativen zur Tötung männlicher Eintagsküken ausgesprochen [9]. Entsprechende Lösungen müssen aber hinreichend wissenschaftlich untersucht und praktisch umsetzbar sein, da ein generelles Tötungsverbot zum gegenwärtigen Zeitpunkt die Geflügelwirtschaft vor erhebliche Probleme stellen würde und vermutlich zur Verlagerung dieses Tierschutzproblems ins Ausland beiträgt. Bislang steht zwar noch kein in Großbrütereien einsetzbares Verfahren zur Verfügung. Die Forschung hat allerdings in den letzten Jahren durchaus Fortschritte gemacht.

#### *Endokrinologische Verfahren*

Mittels endokrinologischer Analysen lassen sich die ab dem 9. Inkubationstag signifikant unterschiedlichen Hormonkonzentrationen in der Allantoisflüssigkeit männlicher und weiblicher Embryonen zur Geschlechtsbestimmung nutzen. Östradiol und Östronsulfat haben sich dabei als geeignete Substanzen für eine in ovo-Geschlechtsdiagnose herausgestellt. Mittels Punktion des embryonalen Harnsackes durch die Kalkschale hindurch wird ein geringes Volumen Allantoisflüssigkeit entnommen und auf ihren Hormongehalt analysiert. Ein Verschluss der Punktionsstelle hat sich aufgrund des geringen Durchmessers der Schalenperforation als überflüssig erwiesen. Bei Probennahmen am 10. Bebrütungstag konnte dabei eine Prognosegenauigkeit von ca. 98 % erzielt werden [10]. Auf das Schlupfgewicht der Eintagsküken hatte das Verfahren keinen Einfluss. Allerdings war die Schlupfrate bei beprobten Eiern um ca. 3,5 % (Lohmann Brown) bzw. 12,7 % (Lohmann LSL) gegenüber jener unbehandelter Eier vermindert [10]. Auf die Tiergesundheit sowie ausgewählte Leistungsparameter (Legeleistung, Eimasse, Futterverbrauch) der Legehennen hat das Analyseverfahren nach gegenwärtigem Kenntnisstand keine Auswirkungen [11]. Das Analyseverfahren nimmt derzeit noch ca. 3 h in Anspruch und kostet etwa 12 Cent pro getestetem Ei und damit ca. 30 Cent pro Legehennenküken zuzüglich der Eibearbeitung, aber es wird an einer Verkürzung der Analysedauer und an einer Senkung der laufenden Verbrauchskosten gearbeitet [12].

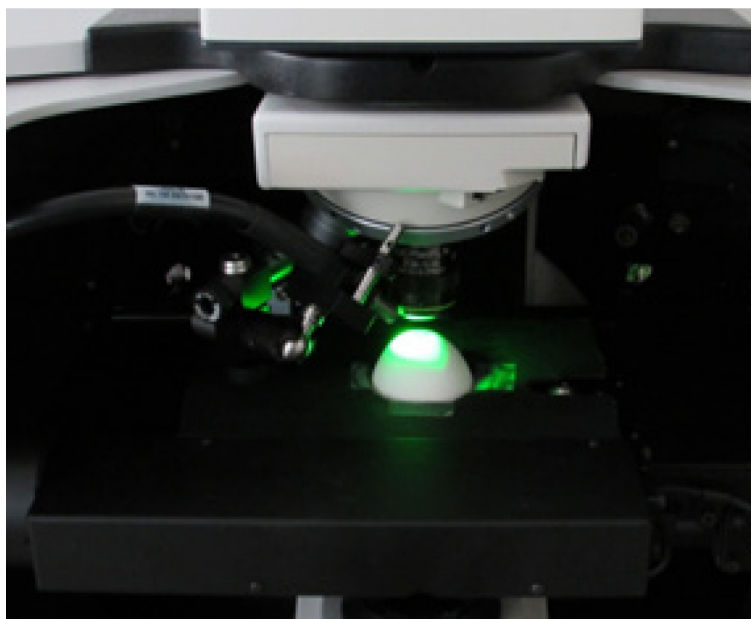
#### *Spektroskopische Verfahren*

Spektroskopische Analyseverfahren ermöglichen innerhalb weniger Sekunden einen detaillierten Einblick in die molekulare Zusammensetzung komplexer biologischer Stoffsysteme. Im Rahmen der Forschungsarbeiten werden zurzeit zwei verschiedene Verfahren hinsichtlich ihrer Eignung für eine in ovo-Geschlechtsdiagnose getestet: nämlich die „Nahinfrarot [NIR]-Ramanspektroskopie“ und die „Fourier-Transform-Infrarot (FTIR)-Spektroskopie“ [13]. Als Referenz dienen bereits jeweils etablierte molekulargenetische Testverfahren (DNA-PCR), die eine sichere Geschlechtsdiagnose gewährleisten.

Prinzipiell kann mit spektroskopischen Analyseverfahren bereits am unbebrüteten Ei eine Geschlechtsdiagnose vorgenommen werden [14]. Die Keimscheibe eines befruchteten Hühnereies besteht schon bei der Eiablage aus ca. 40.000 Blastodermzellen, die bereits geschlechtlich determiniert sind. Vor einer spektroskopischen Geschlechtsdiagnose muss allerdings zunächst ein Zugang geschaffen werden, da die Eischale für die in Frage kommenden optischen Analyseverfahren eine undurchdringliche Barriere bildet. Eine entsprechende

Perforation lässt sich durch den Einsatz geeigneter Laser erzeugen, mittels derer berührungsfrei ein definierter Abtrag der Kalkschale vorgenommen werden kann.

Es hat sich allerdings gezeigt, dass die Öffnung unbebrüteter Eier eine erhebliche Verringerung der Schlupfrate zur Folge hat. Nach etwa dreitägiger Bebrütung sind die Auswirkungen auf die weitere Embryonalentwicklung hingegen deutlich geringer. Außerdem können zu diesem Zeitpunkt die Bruteier bereits geschlechts- und erkennbar unbefruchtete Eier und solche mit fehlentwickelten Embryonen ausgesondert werden. Da zu diesem Zeitpunkt auch bereits ein extraembryonales Blutgefäßsystem vorhanden ist, lassen sich nun auch die beim Vogel bekanntermaßen kernhaltigen Blutzellen für eine Geschlechtsbestimmung nutzen. Da das Erbgut der Hähne etwa 2 % mehr Basenpaare umfasst als das von Hennen, kann anhand daraus resultierender Unterschiede in den Spektren das Geschlecht bestimmt werden. Während für die FTIR-Spektroskopie eine Blutprobe entnommen werden muss, kann eine Ramanspektroskopische Messung berührungsfrei erfolgen (**Bild 3**). Als Ramanspektroskopie bezeichnet man die spektroskopische Untersuchung der inelastischen Streuung („Ramanstreuung“) von Licht an Molekülen. Dazu wird monochromatisches Licht einer definierten Wellenlänge auf das Untersuchungsobjekt eingestrahlt und das Spektrum des gestreuten Lichtes analysiert.



**Bild 3:** Ramanspektroskopische Geschlechtsbestimmung an einem 3,5 Tage angebrüteten Hühnerei (Foto: G. Preusse, TU Dresden)

**Figure 3:** Ramanspectroscopic gender determination of a fertilized chicken egg incubated for 3.5 days (Photo: G. Preusse, TU Dresden)

Ähnlich wie in der FTIR-Spektroskopie können aus den Banden des Ramanspektrums präzise Informationen über Molekülstrukturen („Fingerabdruck“-Methoden) abgeleitet werden, anhand derer eine Geschlechtsbestimmung möglich ist. Bei Einsatz von ultraviolettem Licht werden durch den sog. Resonanzeffekt besonders DNA- und Protein-Informationen erhalten, die eine sichere Geschlechtsbestimmung anhand von Federpulpa gestatten [15]. Für die

Geschlechtsbestimmung im Hühnerei erwies sich dieser Analyseansatz allerdings als ungeeignet, da das energiereiche UV-Licht irreparable Gewebeschädigungen verursachte, was zum Absterben der Embryonen führte. Durch Verwendung von energieärmerem NIR-Licht größerer Wellenlänge lässt sich jedoch auch die Ramanspektroskopie für eine Geschlechtsbestimmung im Ei nutzen. In Versuchsreihen konnte bereits eine Spezifität bzw. Sensitivität von ca. 90 % erreicht werden [16]. Basierend auf den bislang erarbeiteten Ergebnissen sollen künftig weiterführende Untersuchungen Erkenntnisse über die Einsatzmöglichkeiten schwingungsspektroskopischer Analysemethoden unter Praxisbedingungen liefern. Erklärtes Ziel ist es, praxisreife Analyseverfahren zu entwickeln, die eine sichere in ovo-Geschlechtsbestimmung ermöglichen, ohne negative Effekte auf Schlupfraten, Tiergesundheit und Leistungsparameter auszuüben.

### **Zusammenfassung**

Tierschutzaspekte nehmen im Geflügelsektor neben ökonomischen Gesichtspunkten mittlerweile eine zentrale Rolle bei der Entwicklung innovativer Haltungsverfahren ein. Damit wird nicht zuletzt auch aktuellen rechtlichen Vorgaben Rechnung getragen. Dabei wird insbesondere die Konzeption tiergerechter Haltungssysteme, in denen die Tiere die Möglichkeit haben, ihre artspezifischen Verhaltensweisen auszuüben, gefordert. Gleichzeitig müssen Tiergesundheit und Leistungsfähigkeit bei hoher Produktqualität, niedrigem Medikamenteneinsatz, großer Verbraucherakzeptanz und hinreichender Wirtschaftlichkeit gewährleistet werden. Erfolgreiche Ansätze finden sich in der Etablierung von Tierschutzlabeln, mit denen besonders tiergerecht erzeugte Produkte für den Verbraucher kenntlich gemacht werden. Automatisierte Einstreusysteme können in der Geflügelhaltung erheblich zur Verbesserung der Stallhygiene und damit zur Tiergesundheit beitragen. Die Problematik der routinemäßigen Tötung männlicher Eintagsküken im Rahmen der Legehennenvermehrung steht nach wie vor im Fokus von Politik und Medien, nachdem auf Länderebene ein Verbot durchgesetzt werden soll, sobald geeignete technische Verfahren zur Geschlechtsfrühdiagnose verfügbar sind. Ziel aktueller Studien ist es, praxisreife endokrinologische bzw. spektroskopische Analyseverfahren zu entwickeln, die bereits geraume Zeit vor dem Schlupf eine sichere Geschlechtsbestimmung ermöglichen, ohne negative Effekte auf Schlupfraten, Tiergesundheit und Leistungsparameter auszuüben.

## Literatur

- [1] -, -: Tierschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. Mai 2006 (BGBl. I S. 1206, 1313), das zuletzt durch Artikel 3 des Gesetzes vom 28. Juli 2014 (BGBl. I S. 1308) geändert worden ist.
- [2] -, -: Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 22. August 2006 (BGBl. I S. 2043), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 5. Februar 2014 (BGBl. I S. 94) geändert worden ist.
- [3] <http://www.tierschutzlabel.info/tierschutzlabel/>
- [4] <http://www.vier-pfoten.de/service/guetesiegel/>
- [5] [http://www.agravis.de/media/tiere/tiere\\_pdf/legehennensymposium\\_2014/lcking\\_Pickblock.pdf](http://www.agravis.de/media/tiere/tiere_pdf/legehennensymposium_2014/lcking_Pickblock.pdf)
- [6] <http://www.bergophor.de/index.php/de/produkte/legehennen/produkte-fuer-legehennen-und-mastgefluegel/733-bergin-pickaktiv>
- [7] <http://jh-agro.com/de/einstreusysteme/>
- [8] Meyer zu Bakum, R. J.: Maissilage für Bio-Hühner. Bioland 11 (2013), S.18-20
- [9] -, -: Ergebnisprotokoll der Agrarministerkonferenz am 04.04.2014 in Cottbus. Online: [https://www.agrarministerkonferenz.de/documents/Ergebnisniederschrift\\_AMK\\_04-04-2014.pdf](https://www.agrarministerkonferenz.de/documents/Ergebnisniederschrift_AMK_04-04-2014.pdf)
- [10] Weissmann, A.; Reitemeier, S.; Hahn, A.; Gottschalk, J. and Einspanier, A.: Sexing domestic chicken before hatch: A new method for in ovo gender identification. Theriogenology 80 (2013), S. 199-205
- [11] Weissmann, A.; Förster, A.; Gottschalk, J.; Reitemeier, S.; Krautwald-Junghanns, M.-E.; Preisinger, R. and Einspanier, A.: In ovo-gender identification in laying hen hybrids: Effects on hatching and production performance. Europ. Poult. Sci., 78 (2014), DOI: 10.1399/eps.2014.25
- [12] Krautwald-Junghanns, M.-E.; Bartels, T.; Cramer, K.; Einspanier, A.; Fischer, B.; Förster, A.; Galli, R.; Koch, E.; Meissner, S.; Preisinger, R.; Preuß, G.; Steiner, G. und Weißmann, A.: Lösungsansätze zu Vermeidung der Tötung männlicher Eintagsküken aus Legehennenlinien. Deutsches Tierärzteblatt 9/2014, S. 1228-1232
- [13] Krautwald-Junghanns, M.-E.; Bartels, T.; Einspanier, A.; Fischer, B.; Koch, E.; Steiner, G.; Popp, J.; Preisinger, R.; Förster, A. und Sydow, R.: Anwendungsorientierte Untersuchungen zur in ovo-Geschlechtsbestimmung beim Haushuhn (*Gallus gallus* f. dom.). Tagungsband BLE-Innovationstage 2014. S. 25-27. Online: [http://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/03\\_Forschungsfoerderung/01\\_Innovationen/10\\_Innovationstage/Tagungsband2014.pdf;jsessionid=FD85C0EA65208933AA56E26E49DD2FFC.1\\_cid325?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/03_Forschungsfoerderung/01_Innovationen/10_Innovationstage/Tagungsband2014.pdf;jsessionid=FD85C0EA65208933AA56E26E49DD2FFC.1_cid325?__blob=publicationFile)
- [14] Steiner, G.; Bartels, T.; Stelling, A.; Krautwald-Junghanns, M.-E.; Fuhrmann, H.; Sablinskas, V. and Koch, E.: Gender determination of fertilized unincubated chicken eggs by infrared spectroscopic imaging. Anal. Bioanal. Chem. 400 (2011), S. 2775-2782

- [15] Harz, M.; Krause, M.; Bartels, T.; Cramer, K.; Rösch, P. and Popp, J.: Minimal invasive gender determination of birds by means of UV-resonance Raman spectroscopy. Anal. Chem. 80 (2008), S. 1080-1086
- [16] Bartels, T.; Steiner, G.; Preuße, G.; Galli, R.; Förster, A.; Preisinger, R.; Cramer, K. und Krautwald-Junghanns, M.-E.: Spektroskopische Methoden zur Geschlechtsfrühdiagnose in der Legehennenvermehrung. Rundsch. Fleischhyg. Lebensmittelüberw. 66 (2014), S. 440-442

---

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Wissenschaftliches Review / Scientific Review**

Erfolgreiches Review am 25.01.2015

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Berk, Jutta; Krautwald-Junghanns, Maria-Elisabeth; Bartels, Thomas; Steiner, Gerald; Preusse, Grit: Technik in der Geflügelhaltung. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2014. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2015. S. 1-9

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055077>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/211.html>

## **Aktuelle Entwicklung im Bereich der Bioaerosole und der Abluftreinigung**

Marcus Clauß, Jochen Hahne, Axel Munack, Klaus-Dieter Vorlop,  
Thünen-Institut für Agrartechnologie, Braunschweig

### **Kurzfassung**

Ob Bioaerosolemissionen aus der Tierhaltung negative Einflüsse auf die Gesundheit von Anwohnern im Umkreis von Tierhaltungsanlagen haben, bleibt weiterhin unklar. Aus Gründen der Vorsorge sind sie trotzdem bereits Bestandteil von Genehmigungsverfahren für Stallbaumaßnahmen. Das momentane konservative Vorgehen bei der Berechnung von potentiellen Immissionen mit Ausbreitungsmodellen führt, auch aufgrund fehlender Eingabeparameter, zur Vorhersage von überhöhten Werten. Vorsorglich können Abluftreinigungsanlagen Emissionen mindern. Diese Technik hat in der deutschen Tierhaltung in den letzten 10 Jahren erheblich an Bedeutung gewonnen und verschiedene Systeme sind nunmehr nicht nur für Schweine, sondern auch für Geflügel erhältlich. Zertifizierte Anlagen gewährleisten eine Minderung der meisten luftgetragenen Mikroorganismen um mehr als 90 % bei Schweinen und um 70 % bis 90 % in der Masthähnchenhaltung.

### **Schlüsselwörter**

Tierhaltung, Bioaerosole, Abluftreinigung

## **Current trends in the field of bio-aerosols and exhaust air treatment**

Marcus Clauß, Jochen Hahne, Axel Munack, Klaus-Dieter Vorlop,  
Thünen Institute of Agricultural Technology, Braunschweig

### **Abstract**

To date it is still unclear whether bio-aerosol emissions from animal husbandry have negative influences on the health of residents in the vicinity of animal houses. However, for reasons of precaution, they are already taken into account in approval procedures for the construction of animal houses. The present conservative procedure for the calculation of potential immissions with dispersal models results, also because of insufficient input parameters, in overestimated values. As part of protection measures emissions can be reduced by exhaust air treatment systems. This technique has become considerably more important in the last 10 years and different systems are now available not only for pigs but also for poultry. Certified systems provide reduction of the most airborne micro-organisms about more than 90 % for pig and 70 % to 90 % for broiler husbandry systems.

### **Keywords**

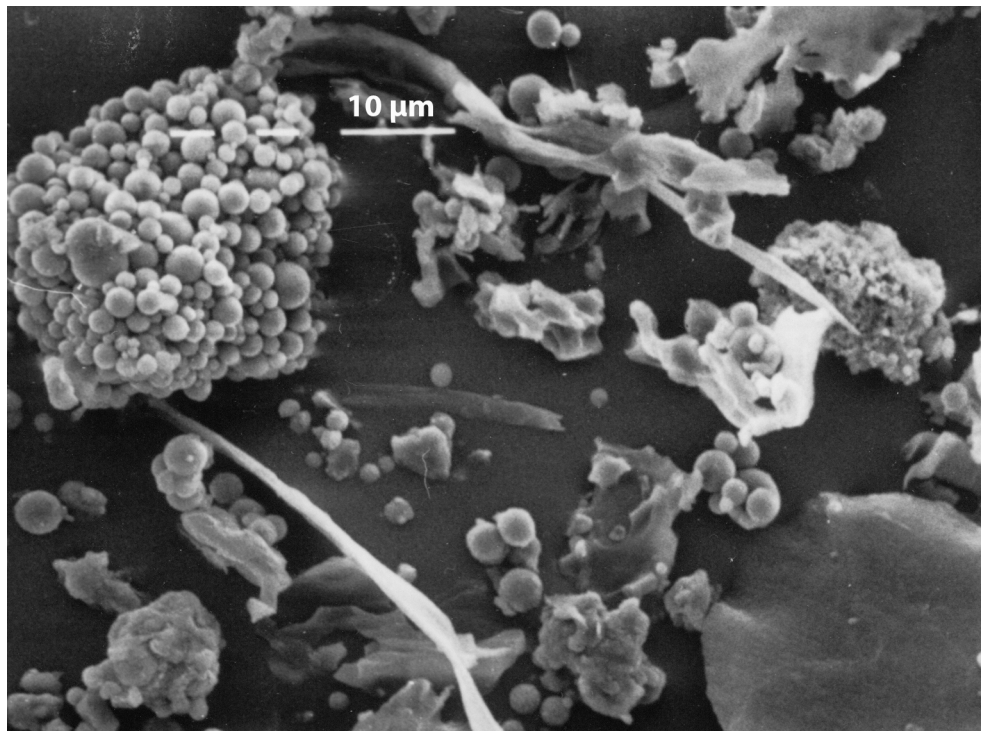
Livestock, bio-aerosols, exhaust air treatment

## **Bioaerosole**

Luftgetragene Stäube aus der Landwirtschaft bestehen meist zu über 90 % aus organischem Material. Diese Bioaerosole enthalten als umweltmedizinisch relevante Bestandteile große Mengen an Mikroorganismen, Toxine und Allergene. Es ist schon seit langem bekannt, dass die Inhalation dieser Stäube zu Atemwegserkrankungen führen kann. So empfahl bereits im Jahre 1555 Olaus Magnus, Erzbischof von Uppsala, den Dreschern, festgesetzten Staub mit Bier herunter zu spülen [1]. Im Jahre 2013 wurden 417 Atemwegserkrankungen und 699 Zoonosen von Arbeitern in der Landwirtschaft als Berufskrankheiten bei der Landwirtschaftlichen Unfallversicherung angezeigt [2]. In den letzten Jahren sind besonders die Bioaerosole aus der Nutztierhaltung zunehmend in den Fokus der Öffentlichkeit geraten, da in einigen Studien Tendenzen und Hinweise für mögliche negative Wirkungen auch auf die Gesundheit von Anwohnern im Umkreis von Tierhaltungsanlagen gefunden wurden [3 bis 5]. Die Zusammenhänge sind bisher jedoch nicht hinreichend untersucht und auch eine aktuelle Literaturstudie lieferte bisher keine klaren Ergebnisse [6].

Trotz der unsicheren Datenlage sind mittlerweile in vielen deutschen Bundesländern aus dem Prinzip der Vorsorge heraus auch Bioaerosole Gegenstand von Genehmigungsverfahren für Neu- oder Umbauten von Stallgebäuden. Dabei werden die im Umfeld zu erwartenden Immissionen von bestimmten luftgetragenen Mikroorganismen, die als „Anlagenspezifische Leitparameter“ bezeichnet werden [7], messtechnisch bestimmt [8] oder über Ausbreitungsmodelle berechnet [9], um diese dann unter umweltmedizinischen Gesichtspunkten zu bewerten [10]. Als besonders geeigneter Leitparameter hat sich die Gruppe der Staphylokokken herausgestellt. Diese Bakterien sind in der natürlichen Hintergrundkonzentration mit standardisierten Messverfahren aufgrund von deren unterer Bestimmungsgrenze (80 KBE/m<sup>3</sup>) i. d. R. kaum nachweisbar [10]. Typische Konzentrationen liegen in Deutschland zwischen 3 und 16 KBE/m<sup>3</sup> [11 bis 13]. Daher kann bei deutlich höheren Werten durchaus ein Anlageneinfluss angenommen werden. Dabei muss jedoch beachtet werden, dass kurzfristige Messungen im Rahmen von Genehmigungsverfahren meist nur eine Momentaufnahme der Immissionssituation vor Ort darstellen, welche stark vom Geschehen im Stall, meteorologischen Bedingungen und nicht zuletzt auch vom Zufall abhängig sein kann. Daher werden die zu erwartenden Jahresmittelwerte meist mit Ausbreitungsmodellen berechnet. Als Eingabeparameter dienen Emissionsfaktoren, welche durch möglichst repräsentative Messungen ermittelt werden sollten. Diese Emissionsfaktoren geben die gemittelte Anzahl Mikroorganismen pro Zeiteinheit an, bezogen auf den Tierplatz (TP). Dabei sollten diese ein auf das Jahr bezogenes repräsentatives Mittel der Emissionen darstellen, welches spezifisch für die Tierart und die Haltungsform und abhängig von den örtlichen meteorologischen Bedingungen ist, auch unter Berücksichtigung weiterer Variationen durch unterschiedliche Stallsysteme, Stallmanagement, Hygiene, Tieraktivität, Tieralter und Tiermasse. Dabei sind durchaus Unterschiede (Variationen) von ein bis zwei Zehnerpotenzen auch für dieselbe Haltungsform zu beobachten [11; 14]. Als Emissionsfaktoren wurden bisher häufig Werte aus der VDI 4255 Blatt 2 [15] eingesetzt, basierend auf den Untersuchungen von Seedorf et al. 1998 [16]. Diese Faktoren bezogen sich aufgrund der eingesetzten Sammelsysteme jedoch lediglich auf die Anzahl kultivierbarer mikroorganismen tragender Partikel. Auf einem solchen Partikel können jedoch hunderte einzeln kultivierbarer Zellen liegen [17; 18] (**Bild 1**), so dass

die Ergebnisse dieser Ausbreitungsrechnungen die vor Ort gemessenen Konzentrationen unterschätzen können [19].



**Bild 1:** Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme von aus der Luft eines Hühnerstalls gesammeltem Staub. Oben links: Bakterienaggregat zusammengesetzt aus mehreren hundert Einzelzellen.

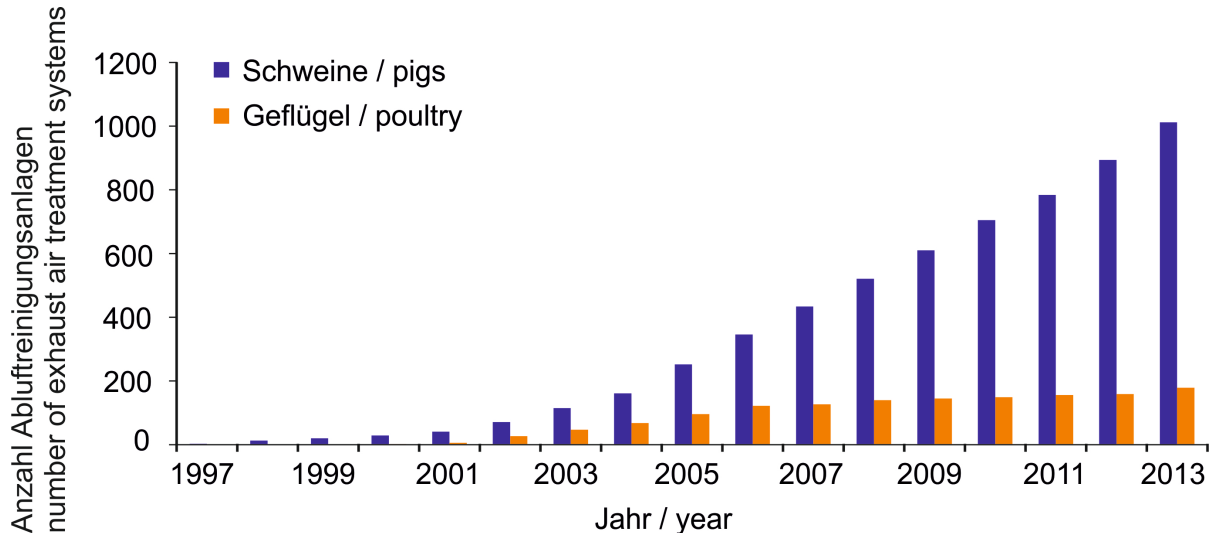
**Figure 1:** Scanning electron microscope picture of dust collected in a chicken house. Top left: bacteria aggregate consisting of hundreds of single cells.

In der VDI 4255 Blatt 3 [20] wurden nun erstmals Konventionswerte für Emissionsfaktoren publiziert, die sich auf Mikroorganismen im Gesamtstaub beziehen. Daher liegen diese neuen Werte ca. 2 Zehnerpotenzen über den bisher verwendeten. Hinzu kommt, dass die Konventionswerte aus Messungen abgeleitet wurden, die nur tagsüber stattfanden. Aktuelle Untersuchungen aus dem Thünen-Institut für Agrartechnologie zeigen jedoch, dass die durchschnittlichen Konzentrationen tagsüber eine Zehnerpotenz über den Konzentrationen nachts liegen. Weiterhin kommt hinzu, dass in Ausbreitungsmodellen immer noch mit Partikelgrößen von unter 2,5 µm gerechnet wird, obwohl eine Vielzahl von Untersuchungen deutliche Hinweise geben, dass Mikroorganismen in der Nutztierhaltung primär in Partikelfractionen über 2,5 µm zu finden sind [21 bis 31]. Dieses konsequent konservative Vorgehen führt nun zur Vorhersage völlig überhöhter Konzentrationen im Umfeld der Stallanlagen. Erste Modellrechnungen zeigen, dass Bioaerosole damit in Genehmigungsverfahren von Tierhaltungsanlagen zukünftig zum kritischsten Parameter werden können. Für die Modelle fehlen zudem nach wie vor wichtige physikalische und mikrobiologische Eingabeparameter [19]. In Konsequenz führt dieses Vorgehen zur Forderung von unnötig großen Abständen zwischen Tierställen und Wohnbebauung. Alternativ können Abluftreinigungsanlagen Emissionen reduzieren.



## Abluftreinigungsanlagen

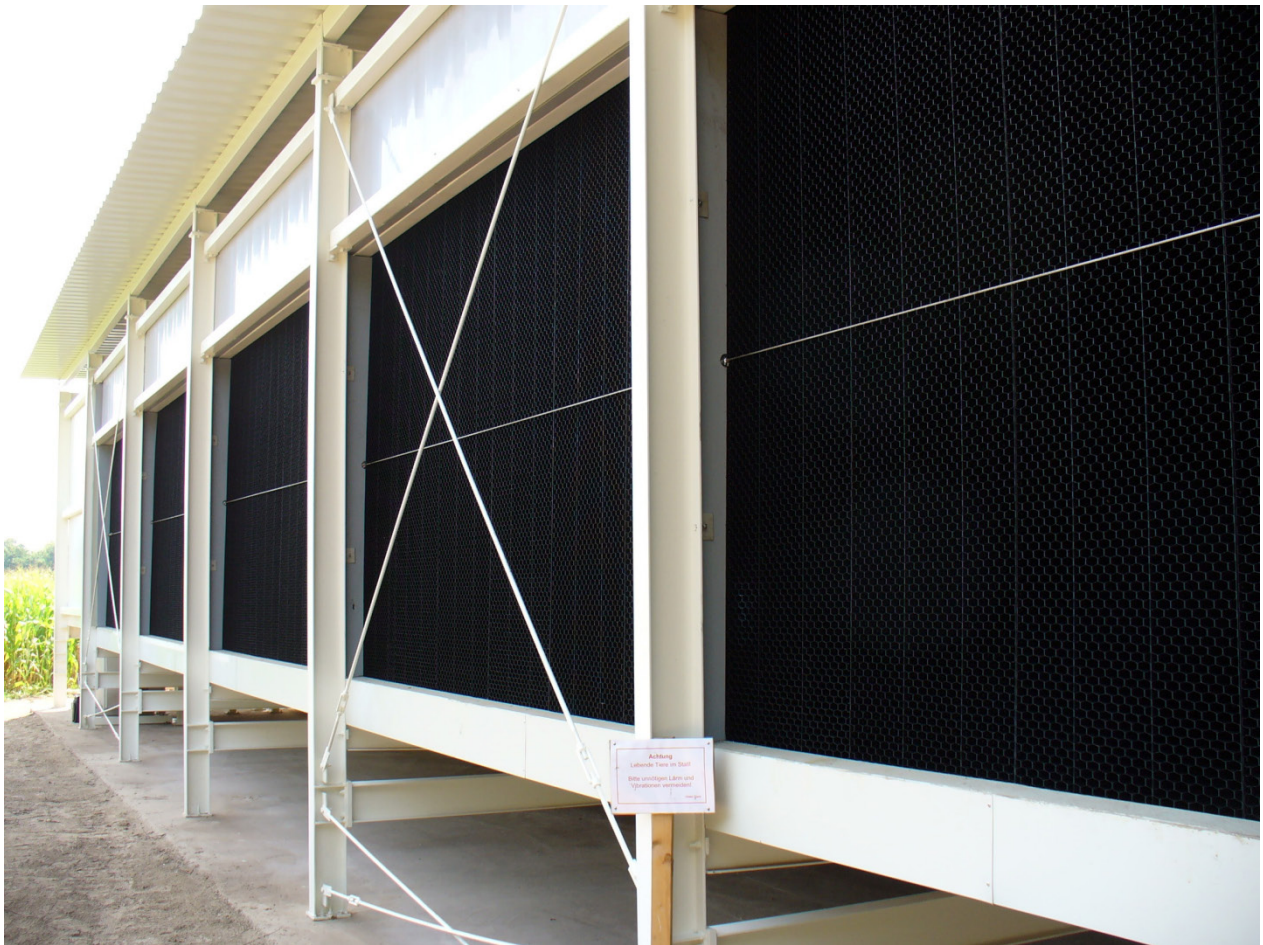
Die Abluftreinigung in der deutschen Tierhaltung hat in den letzten 10 Jahren erheblich an Bedeutung gewonnen (**Bild 2**).



**Bild 2:** Anzahl Abluftreinigungsanlagen in der Tierhaltung, kumulativ

**Figure 2:** Number of exhaust air treatment systems in animal keeping, cumulative

Dies betrifft vor allem den Bereich der Schweinehaltung, wo nach eigenen Umfragen bei Herstellern bis zum Jahr 2013 insgesamt 1012 Anlagen errichtet wurden. Hierbei handelt es sich im Wesentlichen um eignungsgeprüfte Anlagen nach DLG-Standard. Nähere Informationen zu den diversen Anlagentypen, ihren Reinigungsleistungen sowie zu den spezifischen Medienverbräuchen sind kostenlos unter <http://www.dlg.org/gebaeude.html#Abluft> abrufbar. Bezogen auf die Gesamtzahl der in Deutschland gehaltenen Schweine sind allerdings erst 2,7 % der Mastschweine, 1,4 % der Sauen und 2,7 % der Ferkel an Abluftreinigungsanlagen angeschlossen [32]. In Regionen mit intensiver Tierhaltung wie im Landkreis Cloppenburg sind es bereits 18 % des Schweinebestandes [33]. Für den Bereich der Geflügelhaltung zeigen die eigenen Erhebungen, dass die Entwicklung von Abluftreinigungstechniken mit erst 179 Anlagen (Stand 2013) noch am Anfang steht. Viele der Anlagen für die Geflügelhaltung wurden vor Einführung der DLG-Prüfung errichtet, so dass keine vergleichbar umfassenden Informationen über sie vorliegen. Bislang erfüllen zwei Anlagen für die Hähnchenmast die DLG-Anforderungen an die Ammoniak- und Staubabscheidung, eine allerdings nur für den Bereich der Kurzmast. Eine weitgehende Geruchsreduzierung, die gewährleistet, dass im Reingas der Anlage kein rohgastypischer Geruch mehr wahrgenommen wird, erfüllen die Anlagen jedoch nicht. Im laufenden Jahr werden drei weitere Anlagen verschiedener Hersteller für die Hähnchenmast anerkannt werden (**Bild 3**). Entsprechende Prüfberichte sind in Vorbereitung.



**Bild 3:** Blick auf den Tropfenabscheider einer Abluftreinigungsanlage für die Hähnchenmast  
**Figure 3:** View onto the droplet separator of an exhaust air treatment system for broilers

Anerkannte Abluftreinigungsverfahren in der Schweinehaltung reduzieren die Emissionen an mesophilen Bakterien um ca. 90 %, wie ein entsprechendes Verbundvorhaben mit Messungen an Praxisanlagen bestätigt [34]. Dieses Ergebnis ist auch nicht überraschend, denn Mikroorganismen sind in erheblichem Umfang an Partikeln adsorbiert, die durch die Abluftreinigungsanlage abgeschieden werden. Die Untersuchungen ergaben auch, dass die Anlagen selbst keine relevanten „Brutstätten“ für mesophile Bakterien darstellen. Da die DLG-Prüfung bislang keine mikrobiologischen Messungen zur Rückhaltung von Bioaerosolen umfasste, liegen auch nur erste orientierende Messungen, insbesondere von Anlagen für die Haltung von Masthähnchen vor. Sie ergaben Abscheidegrade zwischen 70 und 90 % und entsprachen damit den Werten, die auch für die Staubabscheidung ermittelt wurden. Wegen der hohen Volumenströme und den damit verbundenen kurzen Verweilzeiten werden Abluftreinigungsanlagen für Masthähnchen meist als einstufige Chemowäscher konzeptioniert, wobei mit sauren Waschwässern (pH-Werte von 3 bis 5) gearbeitet wird, um eine sichere Ammoniakabscheidung zu gewährleisten. In den sauren Waschlösungen können aber säuretolerante Pilze wachsen, sofern der Staub als „Nahrungs- und Nährstoffquelle“ nicht in einer vorgeschalteten Verfahrensstufe abgeschieden wird oder dem Waschwasser Fungizide zugesetzt werden.

Während für die Schweinehaltung eine Fülle von Verfahren verschiedener Hersteller zur Verfügung steht und ihre Wirksamkeit in Hinblick auf eine wirksame Emissionsminderung für Ammoniak, Staub, Keime und Geruch nachgewiesen ist, müssen für die Geflügelhaltung noch geeignete Verfahren, insbesondere für die Geruchsabscheidung, entwickelt werden.

Für einen weitergehenden Einsatz der Abluftreinigung müssen die Betriebskosten weiter reduziert werden. Über geeignete Verfahren der Zuluftkonditionierung kann der maximale Volumenstrom, auf den eine Abluftreinigungsanlage auszulegen ist, um bis zu 30 % reduziert werden [33]. Umfangreiche Untersuchungen zum Einsatz von Unterflur-Zuluftsystemen, Erdwärmetauschern und Kühlpads in der Mastschweinehaltung sowie deren Wirkungen auf Stallklima und Wirtschaftlichkeit zeigen die Vorteile der Verfahren - auch in Hinblick auf das Tierwohl [35]. Die Zuluftkonditionierung und auch die Reduzierung der Waschwassermenge und des Druckverlustes bieten Möglichkeiten, die Kosten für die Abluftreinigung wirksam und ohne Einbuße bei den Reinigungsleistungen zu reduzieren [36]. Während die Vertretbarkeit des Einsatzes von Abluftreinigungsverfahren für neue und große Tierhaltungen (mehr als 2.000 Mastschweine, 750 Sauen, 6.000 Ferkel) in den Filtererlassen der Bundesländer Niedersachsen [37], Nordrhein-Westfalen und Schleswig-Holstein als gegeben gilt, müssen für Anlagen mit geringerer Kapazität die Kosten noch gesenkt werden.

### **Zusammenfassung**

Bioaerosole aus der Nutztierhaltung werden in Genehmigungsverfahren auch weiterhin ein Thema bleiben, trotzdem sind noch viele Fragen offen. Dringenden Klärungsbedarf gibt es bezüglich der gesundheitlichen Wirkung von Bioaerosolen, der tatsächlichen Jahresmittel von Emissionen luftgetragener Mikroorganismen aus Tierhaltungen sowie der Partikelgrößenverteilung von Bioaerosolen als Eingabeparameter für Ausbreitungsmodelle. In jedem Fall bietet die Abluftreinigung eine sichere, weitgehende und prüfbare Option zur Emissionsminderung und wird auch in Zukunft an Bedeutung gewinnen. Sie bietet der Tierhaltung weitere Entwicklungsmöglichkeiten für Neubauten bei gleichzeitig steigenden Auflagen an den Immissionsschutz. Allerdings müssen die zusätzlichen Kosten für den Umweltschutz von den Konsumenten über den Produktpreis getragen werden, um diese Technik in einem breiten Umfang einsetzen zu können.

## **Literatur**

- [1] Måsson, O.: De trituratione per hyemem. In: Olai Magni Gothi Historia de gentibus septentrionalibus. Liber XIII, De agricultura et humano victu (1555) Cap. VII, S. 435. Online verfügbar unter: <http://runeberg.org/img/olmagnus/0521.1.jpg>
- [2] Riethmüller, A.: Prävention von Erkrankungen der Atemwege durch Bioaerosols in der Landwirtschaft und damit verbundener Bereiche. B2-Seminar (2014), DGUV-Akademie Dresden.
- [3] Radon, K.: Atemwegsgesundheit und Allergiestatus bei jungen Erwachsenen in ländlichen Regionen Niedersachsens – Niedersächsische Lungenstudie (NiLS). München: Klinikum der Universität München, 2004.
- [4] Hoopmann, M.; et al.: Atemwegserkrankungen und Allergien bei Einschulungskindern in einer Ländlichen Region (AABEL), Teilprojekt B des Untersuchungsprogramms „Gesundheitliche Bewertung von Bioaerosolen aus der Intensivtierhaltung“, Niedersächsisches Landesgesundheitsamt, 2004.
- [5] Herr, C.; zur Nieden, A.; Jankofsky, M.; Stilanakis, N. I.; Bödeker, R. H.; Eickmann, T.: Effects of bioaerosol-polluted outdoor air on airways of residents: a cross sectional study. *Occupational and Environmental Medicine* 60 (2003), S. 336 - 342.
- [6] Gerstner, D.; Walser, S.; Brenner, B.; Herr, C.: Entwicklung gesundheitsbasierter Ableitungswerte für Bioaerosole. *Gesundheitswesen* 76 - V75 (2014). DOI: 10.1055/s-0034-1371628
- [7] VDI 4250 Blatt 3: Bioaerosole und biologische Agenzien - Anlagenbezogene umweltmedizinisch relevante Messparameter und grundlegende Beurteilungswerte. Berlin: Beuth Verlag, 2014.
- [8] VDI 4251 Blatt 1: Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft - Planung von anlagenbezogenen Immissionsmessungen – Fahnenmessung. Berlin: Beuth Verlag, 2007.
- [9] VDI 4251 Blatt 3: Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft - Anlagenbezogene Ausbreitungsmodellierung von Bioaerosolen. Berlin: Beuth Verlag, 2013.
- [10] VDI 4250 Blatt 1: Umweltmedizinische Bewertung von Bioaerosol-Immissionen - Wirkungen mikrobieller Luftverunreinigungen auf den Menschen. Berlin: Beuth Verlag, 2014.
- [11] Blomberg, N.; Springorum, A. C.; Winter, T.; Hartung, J.; Hinz, T.; Öttl, D.; Rieger, M. A.: Beurteilung verschiedener Haltungssysteme für Legehennen aus Sicht des Arbeits- und Umweltschutzes: Belastungen durch luftgetragene Stäube und Mikroorganismen. Abschlussbericht, 2009.
- [12] Clauß, M.; Springorum, A. C.; Hartung, J.: Jahresverlauf der Hintergrundkonzentrationen verschiedener Gruppen luftgetragener Mikroorganismen in einem urbanen, einem Agrar- und einem Forstgebiet in Norddeutschland. *Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft* 73(2013) Nr. 9, S. 375 - 380.

- [13] Köllner, B.; Heller, D.: Bioaerosole im Umfeld von Schweinemastanlagen. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 66 (2006) Nr. 9, S. 349 - 354.
- [14] Clauß, A. C.: Mikrobiologische Belastungen in alternativen Legehennenhaltungen aus Sicht des Arbeits- und Umweltschutzes. Dissertation an der Universität Witten/Herdecke, Fakultät für Gesundheit, 2014.
- [15] VDI 4255 Blatt 2: Bioaerosole und biologische Agenzien - Emissionsquellen und -minderungsmaßnahmen in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung – Übersicht. Berlin: Beuth Verlag, 2009.
- [16] Seedorf, J.; Hartung, J.; Schröder, M.; Linkert, K.H.; Phillips, V.R.; Holden, M.R.; Sneath, R.W.; Short, J.L.; White, R.P.; Pedersen, S.; Takai, T.; Johnsen, J.O.; Metz, J.H.M.; Koerkamp, P.W.G.; Uenk, G.H.; Wathes, C.M.: Concentrations and emissions of airborne endotoxins and microorganisms in livestock buildings in Northern Europe. Journal of Agricultural Engineering Research 70 (1998), S. 97 - 109.
- [17] Clauß, M.; Springorum, A. C.; Hartung, J.: Microscopic analysis of size, structure and amount of particulate bio-aerosols directly sampled from raw and clean gas of an exhaust air bio-washer in a pig fattening unit. Proceedings of the XVth International Congress of the International Society for Animal Hygiene, Vienna, Austria (2011) Nr. 2, S. 789 - 791.
- [18] Clauß, M.; Springorum, A. C.; Hartung, J.: Jahresverlauf der Hintergrundkonzentrationen verschiedener Gruppen luftgetragener Mikroorganismen in einem urbanen, einem Agrar- und einem Forstgebiet in Norddeutschland. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 73 (2013) Nr. 9, S. 375 - 380.
- [19] Springorum, A. C.; Schulz, J.; Lung, T.; Clauß, M.; Hartung, J.: Vorhersagbarkeit von Keimimmissionen im Umfeld von Nutztierhaltungen – ein Vergleich von Messungen mit den Prognosen von zwei Ausbreitungsmodellen. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 74 (2014) Nr. 9, S. 384 - 390.
- [20] VDI 4255 Blatt 3: Bioaerosole und biologische Agenzien - Emissionsfaktoren für Geflügelhaltung. Berlin: Beuth, 2014.
- [21] Adell, E.; Moset, V.; Zhao, Y.; Cerisuelo, A.; Cambra-López, M.: Concentración de bacterias aerobias mesófilas y material particulado en el aire de granjas de broilers. AIDA, XIV Jornadas sobre Producción Animal, Tomo I (2011a), S. 82 - 84.
- [22] Adell, E.; Moset, V.; Zhao, Y.; Cerisuelo, A.; Cambra-López, M.: Concentración, distribución espacial y por tamaño de bacterias aerobias mesófilas en el aire de granjas de broilers. ITEA 107 (2011b) Nr. 2, S. 77 - 93.
- [23] Zheng, W.; Zhao, Y.; Xin, H.; Li, B.; Gates, R. S.; Zhang, Y.; Soupir M. L.: Concentrations and Size Distributions of Airborne Particulate Matter and Bacteria in an Experimental Aviary Laying-Hen Housing System. ASABE Annual International Meeting Paper, 2013.
- [24] Chai, T.; Zhao, Y.; Liu, H.; Liu, W.; Huang, Y.; Yin, M.; Li, W.: Studies on the concentration and aerodynamic diameters of microbiological aerosol in the poultry house. Chinese Journal of Veterinary Medicine 37 (2001) Nr. 3, S. 9 - 11. (auf Chinesisch).

- [25] Aarnink, A. J. A.; Roest, H. I. J.; Cambra-Lopez, M.; Zhao, Y.; Mosquera, J.; Ogink, N. W. M.: Emissions and concentrations of dust and pathogens from goat houses. In: Proceedings of the Ninth International Livestock Environment Symposium (ASABE), Valencia Spain (2012), S. 1 - 7.
- [26] Lenhart, S. W.; Olenchok, S. A.; Cole, E. C.: Viable sampling for airborne bacteria in a poultry processing plant. *Journal of Toxicology and Environmental Health* 10 (1982) Nr. 4-5, S. 613 - 619.
- [27] Liu, J-W.; Ma, W-L.: Characteristics of microbial aerosol pollution in pig houses. *J. Animal Hus. Feed Sci.* 2 (2010) Nr. 6/7, S. 41 - 44.
- [28] Chinivasagam, H. N.; Blackall, P. J.: Investigation and application of methods for enumerating heterotrophs and *Escherichia coli* in the air within piggery sheds. *J. Appl. Microbiol.* 98 (2005) Nr. 5, S. 1137 - 1145.
- [29] Sowiak, M.; Bródka, K.; Buczyńska, A.; Cyprowski, M.; Kozajda, A.; Sobala, W.; Szadkowska-Stańczyk, I.: An assessment of potential exposure to bioaerosols among swine farm workers with particular reference to airborne microorganisms in the respirable fraction under various breeding conditions. *Aerobiologia* 28 (2011) Nr. 2, S. 121 - 133.
- [30] Siggers, J. L.; Kirychuk, S. P.; Lemay, S. P.; Willson, P. J.: Size distribution of particulate and associated endotoxin and bacteria in traditional swine barn rooms and rooms sprinkled with oil. *Journal of Agromedicine* 16 (2011) Nr. 4, S. 271 - 279.
- [31] Zhao, Y.: Effectiveness of multi-stage scrubbers in reducing emissions of air pollutants from pig houses. *Transactions of the ASABE* 54 (2011) Nr. 1, S. 285 - 293.
- [32] Haenel, H.-D.; Rösemann, C.; Dämmgen, U.; Poddey, E.; Freibauer, A.; Wulf, S.; Eurich-Menden, B.; Döhler, H.; Schreiner, C.; Bauer, B.; Osterburg, B.: Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 – 2012. Braunschweig. Johann Heinrich von Thünen-Institut (2014). Thünen-Report 17.
- [33] N.N.: KTBL-Fachgespräch Emissionsminderung und Abluftreinigung. Hannover, 11. und 12. September 2014.
- [34] N.N.: Prüfung und Bewertung der biologischen Sicherheit von anerkannten Abluftreinigungsverfahren in der Nutztierhaltung (BioAluRein), Abschlussbericht unter [http://download.ble.de/07UM003/07UM003\\_BioAbluftRein\\_AB.pdf](http://download.ble.de/07UM003/07UM003_BioAbluftRein_AB.pdf), Zugriff am 12.01.2015.
- [35] Pertagol, J.: Untersuchung zu verschiedenen Zuluftführungs- und Kühlmöglichkeiten in Mastschweineställen. Dissertation Hohenheim, 2013.
- [36] Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Hrsg.): Energieeffizienz in der Abluftreinigung (Schweinehaltung). Schriftenreihe, Heft 19/2014.
- [37] Niedersächsisches Ministerialblatt 63 (68). Jahrgang, Hannover, 14.8.2013: Durchführung immissionsschutzrechtlicher Genehmigungsverfahren; Abluftreinigungsverfahren in Schweinehaltungsanlagen und Anlagen für Mastgeflügel sowie Bioaerosolproblematik in Schweine- und Geflügelhaltungsanlagen.

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Clauß, Marcus; Hahne, Jochen; Munack, Axel; Vorlop, Klaus-Dieter: Aktuelle Entwicklung im Bereich der Bioaerosole und der Abluftreinigung. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2014. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2015. S. 1-10

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055078>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/214.html>

## **Agrartechnik in Transformationsländern**

Thomas Hoffmann, Reiner Brunsch  
Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB)

### **Kurzfassung**

Seit dem Zusammenbruch der Sowjetunion wurden in den ehemaligen Sowjet-Staaten große Flächenanteile aus der landwirtschaftlichen Nutzung genommen. Ein großer Teil dieser Flächen wurde trotz guter landwirtschaftlicher Bedingungen aufgegeben.

Der Importstopp der russischen Regierung auf ausgewählte Lebensmittel im Jahr 2014 bescherte den Lieferländern einen erheblichen Rückgang an Exporten nach Russland.

Der Landmaschinenmarkt in den Transformationsländern gestaltete sich für westliche Hersteller überwiegend schwierig. Als Ursache dafür sind Importbeschränkungen, der Rückgang an Subventionen und Währungsabwertungen zu nennen.

### **Schlüsselwörter**

Flächenaufgabe, Importstopp, Exportrückgang

## **Agricultural Engineering in Transformation Countries**

Thomas Hoffmann, Reiner Brunsch  
Leibniz-Institute for Agricultural Engineering Potsdam-Bornim e.V. (ATB)

### **Abstract**

Since the collapse of the Soviet Union larger areas of agricultural land were taken out of the agricultural use in the former Soviet states. A larger portion of this area was taken out despite good agricultural conditions.

The import ban on selected foods by the Russian government in 2014 caused among supplying countries in substantial decline in export to Russian.

The market of agricultural machinery in the transformation countries was difficult for manufactures of western countries. This is due to import restrictions, the reduction of subsidies for the agriculture and currency depreciations.

### **Keywords**

abandoned areas, import ban, export decline



## Agrarpolitische Entwicklung

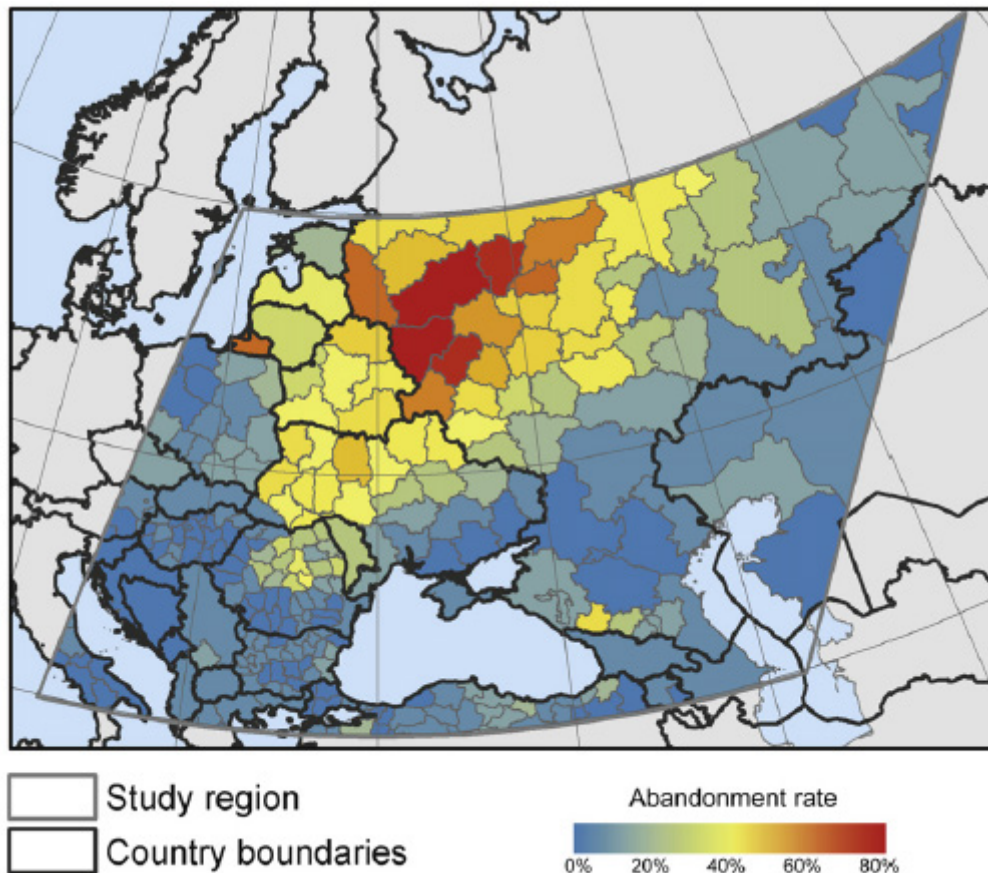
Mit Transformationsland wird ein Land bezeichnet, das sich in einem Übergangsstadium von einer auf einer zentralistischen Planung beruhenden Wirtschaftsform in eine marktwirtschaftlich organisierte Gesellschaftsform befindet. Zu den Transformationsländern zählen die mittel- und osteuropäischen Länder (MOE), die Gruppe der neuen Unabhängigen Staaten (NUS) auf dem Gebiet der ehemaligen Sowjetunion sowie die Länder Vietnam, Laos und Kambodscha [1].

Mit dem Zusammenbruch der Sowjetunion 1991 mussten die Landwirtschaftsbetriebe in Russland und in den anderen ehemaligen Sowjet-Staaten ihre Wirtschaftsweise grundlegend ändern. Viele Betriebe haben die Umstellung nicht überstanden, sodass erhebliche Anteile der Flächen aus der landwirtschaftlichen Nutzung fielen. Wie hoch dieser Flächenanteil ist, war Gegenstand einer umfangreichen Analyse [2]. Bei der Analyse wurde mithilfe von Satellitendaten die Flächenbewirtschaftung in einzelnen Regionen ermittelt (**Bild 1**). Es wurde differenziert nach bewirtschaftetem Agrarland, Wald, stillgelegtem Agrarland und anderem Land, sowie nach Flächen für die Pflanzenproduktion und für die Tierproduktion. Zusätzlich ermittelte man, ob auf den Flächen die Bedingungen für eine landwirtschaftliche Nutzung gut oder schlecht sind. Im Ergebnis der Analyse offenbart Russland mit 32,2 Mio. ha in absoluten Zahlen den höchsten Umfang an stillgelegten Flächen. Es folgen Weißrussland (3,4 Mio. ha), Polen (1,5 Mio. ha), Rumänien (1.0 Mio. ha), Litauen (0.9 Mio. ha) und Lettland (0.6 Mio. ha). In relativen Werten ausgedrückt hat Weißrussland mit 34 % die höchste Stilllegungsrate. Lettland mit 27,6 %, Litauen mit 23,7 % und Russland mit 22,5 % folgen auf den nächsten Plätzen.

Die meisten Länder haben höhere Stilllegungsraten auf Flächen, die weniger für die Landwirtschaft geeigneten sind. Aber in Russland, Lettland, Estland und Kroatien sind die höchsten Stilllegungsraten in Bereichen festzustellen, die durchschnittlich oder gut für die Landwirtschaft geeignet sind [2].

Insgesamt werden 27,7 Mio. ha stillgelegten Landes als Agrarland identifiziert, bei denen eine landwirtschaftliche Nutzung machbar wäre. In Russland sind 19 Mio. ha stillgelegt mit guter bis sehr guter Eignung für die Landwirtschaft, in der Ukraine 6 Mio. ha, in Weißrussland 1 Mio. ha [2].

Auf den aufgegebenen Flächen wachsen inzwischen Gräser, Büsche und Bäume. Diese Entwicklung hat auch eine positive Seite. Mit dieser Vegetation wird der Atmosphäre Kohlendioxid entzogen und festgelegt, sodass diese Flächen neben der Tatsache, dass sie Lebensräume für wildlebende Pflanzen und Tiere bieten, einen hohen klimawirksamen Wert besitzen. Werden nur jene 4 Mio. Hektar wieder rekultiviert, die im europäischen Teil Russlands nach 2000 aufgegeben wurden, könnten etwa 6 Mio. t Weizen je Jahr erzeugt werden [3].



**Bild 1:** Geographische Regionen mit zugeordneten Stilllegungsraten [3]

**Figure 1:** Geographical regions with allocated abandonment rates [3]

Agrarbetriebe, die verwahrloste Flächen wieder in die Bewirtschaftung nehmen wollen, müssen dafür erheblichen Aufwand betreiben. Berichtet wird von einem Betrieb, der mit 50 Arbeitskräften 6.100 ha Ackerfläche bewirtschaftet [4]. Davon sind 1.900 ha Getreide, 1.550 ha Körnermais und 2.300 ha Raps. Der Betriebsleiter schätzt ein, dass für die Rekultivierung verwahrloster Flächen bis zu 10.000 EUR/ha notwendig sind. Es reicht nicht, nur das Land zu bewirtschaften und die Bodenfruchtbarkeit zu steigern. Oft muss erst ein Meliorationssystem aufgebaut und das Wegenetz instandgesetzt werden. Dank umfangreicher Maßnahmen und neuer Sorten konnte in diesem Betrieb der Getreideertrag von vormals 22 dt/ha auf 65 dt/ha gesteigert werden.

Aus der Schwarzerde-Region im Gebiet Belgorod wird von einem landwirtschaftlichen Unternehmen berichtet, dass 88.000 ha bewirtschaftet [5]. Neben 30.000 ha Winterweizen werden 8.000 ha Körnermais, 10.800 ha Zuckerrüben, 6.500 ha Sonnenblumen, und 12.000 ha Gräser angebaut. Als Entscheidungen zur Weiterentwicklung des Unternehmens anstanden, entschied man sich für den Anbau der subtropischen Kurztagspflanze Soja. Nach sechsjährigen Anbauversuchen, die in Zusammenarbeit mit der Landwirtschaftlichen Akademie Belgorod stattfanden, steht Soja heute mittlerweile auf 20.700 ha. Soja hinterlässt 100 bis 120 kg Stickstoff je Hektar im Boden und ist eine gute Vorfrucht für Weizen. Weizen kann direkt in die Stoppeln des zuvor geernteten Sojas gedreht werden.

Am 7. August 2014 setzte die russische Regierung ein Importstopp u.a. für Rind,- Schweine- und Geflügelfleisch sowie Milch und Milchprodukte in Kraft [6]. Vom Importstopp betroffen sind die EU-Länder, Norwegen, Kanada, USA und Australien. Seitdem verringerte sich der Import bei Gemüse (-44 %), bei Milchprodukten (-57,2 %), Geflügelfleisch (-38,9 %), Schweinefleisch (-44,6 %) und Rindfleisch (-46,9 %) merklich. Nicht vom Importstopp betroffene Länder nutzen nun vermehrt die Chance, waren nach Russland zu verkaufen. So liefert die Schweiz mehr Käse und aus Argentinien und Brasilien kommt mehr Fleisch.

Die EU-Agrar- und Ernährungswirtschaft hat mit Russland einen Absatzmarkt von fast 12 Mrd. EUR je Jahr. Das jetzige Einfuhrverbot betrifft jetzt ca. 5,1 Mrd. EUR [7].

Mit dem verringerten Nahrungsmittelangebot aus den westlichen Ländern erleichterte sich für die einheimischen Produzenten der Zugang zum Markt.

So auch für Biobauern, die hochwertiges Fleisch aus eigener Produktion anbieten [8]. Bei einem Betriebsumfang von 5.000 ha landwirtschaftlicher Nutzflächen wird eine Herde von 600 Angus-Rindern gehalten. Dazu kommen 6.000 Hühner und Enten. Das erforderliche Getreide und das Halmfutter werden selbst erzeugt.

Wesentlich intensiver und kostengünstiger wird die Mast von Rindern nach dem Vorbild kanadischer Feedlots betrieben [9]. Bei dieser Haltungsform kommen jeweils 200 Jungbullen in umzäunte Mastparzellen (feedlot). Die Tiere werden bei wenig Bewegung innerhalb von 250 - 300 Tagen auf bis zu 550 kg Lebendgewicht gemästet.

Insgesamt hat Russland in den vergangenen Jahren Anstrengungen unternommen, um den Selbstversorgungsgrad bei Nahrungsmitteln zu erhöhen. Bei Geflügel hat man inzwischen einen Selbstversorgungsgrad von 96 % erreicht und bei Schweinefleisch von 80 %. Weniger erfolgreich war man bei der Entwicklung der Milchwirtschaft, hier kommen nur 66,5 % der Menge aus dem eigenen Land [10]. Bei Getreide erzeugt Russland 98,4 % der benötigten Menge selber, bei Kartoffeln sind 97,5 % [11].

## **Landmaschinenmarkt**

Polen ist der fünftgrößte Landtechnikmarkt in der EU. Den überwiegenden Teil der neuen Maschinen muss Polen importieren. Ungünstige Marktentwicklungen und rückläufige Finanzierungszuschüsse aus der EU hatten zur Folge, dass zunehmend weniger Neuanschaffungen getätigt wurden. So wurden im Jahr 2013 im Vergleich zum Vorjahr 23 % weniger Traktoren neu zugelassen. Besonders betroffen waren die beiden Leistungsklassen 76 bis 99 PS und 100 bis 130 PS [12].

Auch der ungarische Landtechnikmarkt wurde maßgeblich durch Subventionen vorangetrieben. Nachdem die Subventionen ausliefen, schrumpfte der Markt auf ein Drittel. Ab 2012 zeichnete sich aber wieder eine Belebung ab [12].

Rumänien erzielte 2013 Rekordernten bei Weizen, Mais und Sonnenblumen. Aufgrund der hohen Erlöse und angelaufenen Subventionsprogrammen konnten rumänische Landwirte neue, moderne Landmaschinen kaufen. Momentan wird die einfache und preiswerte Agrartechnik aus der Türkei, Weißrussland und auch aus China und Indien stark nachgefragt, aber

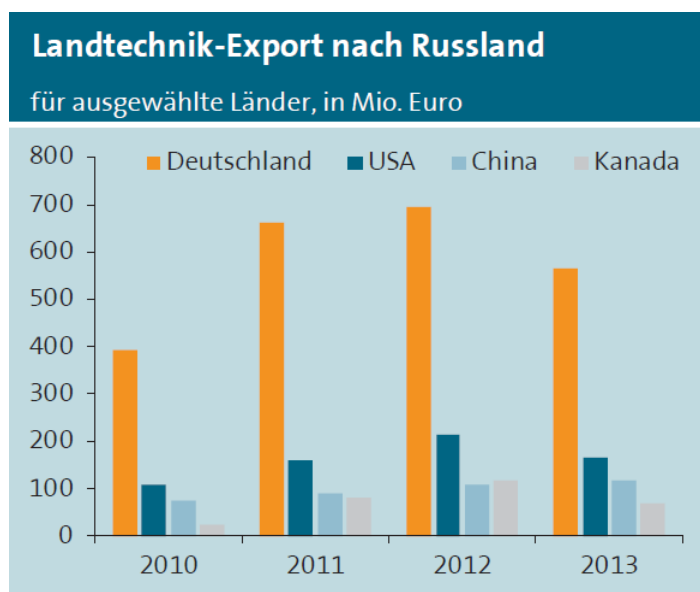
die Landtechnik aus Deutschland findet zunehmend Interessenten. Da Rumänien und Bulgarien zu den Ländern der EU zählen, die das niedrigste Niveau bei der technischen Ausstattung haben, wird hier ein großes Potential für die Zukunft vorausgesagt [12].

Kroatien konnte 2013 das fünfte Jahr in Folge kein Wirtschaftswachstum erzielen. Der Landtechnikmarkt befand sich ebenfalls in einer schwachen Verfassung. Seit dem 1. Juli 2013 ist Kroatien jedoch Mitglied der EU. Für die Förderperiode 2014 bis 2020 sind mit EU-Hilfe Investitionen in Höhe von 2,3 Mrd. EUR für die Entwicklung des ländlichen Raums vorgesehen. Dazu kommen noch 2,6 Mrd. EUR als Direktzahlungen. Bei Kroatien ist somit ein Aufschwung in der Landwirtschaft und damit auch beim Landtechnikmarkt zu erwarten [12].

Die ukrainische Landwirtschaft ist auf einem relativ guten Niveau. 2013 wurde erstmals mengenmäßig mehr Getreide geerntet als im Durchschnitt der 1980er Jahre. Im Land zeichnet sich ein Trend ab, die Erntemengen nicht mehr über die Fläche bereitzustellen, sondern über höhere Erträge bei rückläufigem Anbauumfang. Einige Betriebe erzielen Hektarerträge von 6 bis 7 Tonnen. Die positive Entwicklung in der Landwirtschaft vollzog sich, ohne dass Subventionen gezahlt wurden. Mit dem Einsetzen der politischen Unruhen verschlechterte sich aber die Situation im Land insgesamt und damit auch in der Landwirtschaft. Vor den Unruhen besaß die Ukraine einen relativ stabilen Landtechnikmarkt. Vor allem neue Traktoren und Anbaugeräte wurden gekauft. Mähdrescher wurden auch gekauft, aber hier dominierte der Trend zur Gebrauchtmachine aus dem westlichen Ausland. Jedoch bereits im ersten Quartal 2014 brach der Markt um 40 % ein. Wann sich die Lage wieder bessert, ist nicht absehbar [12].

Kasachstan ist bekannt für seinen hochwertigen Hartweizen. 2013 konnte eine überdurchschnittlich gute Getreide- und Ölsaaternte eingefahren werden, sodass die Landwirte gute Einkommen hatten. Im Februar 2014 brach jedoch die nationale Währung Tenge ein und wurde um 20 % abgewertet. Durch die Abwertung verteuerten sich Investitionen für kasachische Landwirte. Westliche Hersteller rechnen deswegen mit einer schwierigen Marktlage. Weil die Währungen in den Nachbarländern Russland und Weißrussland ebenfalls abgewertet wurden, können sich die dortigen Hersteller gute Chancen auf dem kasachischen Markt ausrechnen [12].

Der große Nachbar Russland erzielte 2013 mit etwa 90 Mio. t Getreide eine gute Ernte. Die Ernten bei Sonnenblumen und Soja fielen ebenfalls gut aus. Weil die Lebensmittelpreise insgesamt gestiegen waren, konnten die Landwirte und Agrarholdings gute Gewinne erzielen. Dennoch ging der Landtechnikmarkt zurück. Zum einen wurden Subventionen spürbar reduziert, zum anderen verteuerten Importzölle Neuanschaffungen aus dem westlichen Ausland. Am stärksten betroffen waren Traktoren und Mähdrescher. Aufgrund eines starken Preisverfalls bei Kartoffeln und Zuckerrüben verschlechterte sich auch der Markt bei der Kartoffel- und Zuckerrübenerntetechnik. Lediglich weniger preisintensive Bereiche wie Bodenbearbeitungs-, Sä- und Pflanzenschutztechnik konnten eine gute, gleichgebliebene Marktlage feststellen. Alles in allem konnte Deutschland um 20 % weniger Landtechnik nach Russland exportieren (**Bild 2**). Die vor Ort montierten Komponenten sind in der Kalkulation enthalten [12].



Quelle: Nationale Statistikämter, VDMA

**Bild 2:** Landtechnikexport nach Russland für ausgewählte Länder [12]

**Figure 2:** Export of agricultural machinery to Russia for selected countries [12]

### Zusammenfassung

Mithilfe von Satellitenaufnahmen wurde abgeschätzt, wie viel landwirtschaftliche Fläche in den Transformationsländern nicht landwirtschaftlich genutzt wird. Das Ergebnis zeigte, dass vor allem Russland und Weißrussland aber auch Polen, Rumänien, Litauen und Lettland im größeren Umfang Flächen stillgelegt haben. Ein großer Teil dieser Flächen wurde aufgegeben, obwohl gute Bedingungen für eine landwirtschaftliche Nutzung vorliegen.

Der Importstopp der russischen Regierung aus 2014 führte zu einem drastischen Rückgang von Exporten aus dem westlichen Ausland nach Russland. Für die russischen Landwirte dagegen erleichtert der Importstopp den Zugang zum einheimischen Markt.

Der Landmaschinenmarkt war in den Transformationsländer in den letzten Jahren eher schwierig. Wegfallende Subventionen oder Währungsabwertungen verteuerten für die ansässigen Landwirte die Investitionen.

## **Literatur**

- [1] -.-: Transformationsland. Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ). (Hrsg.), <http://www.bmz.de/de/service/glossar/T/transformationsland.html>, Zugriff am 13.01.2015
- [2] Alcantara, C.; Kümmerle T.; Baumann, M.; Bragina, E. V.; Griffiths, P.; Hostert, P.; Knorn, J.; Müller, D.; Prishchepov, A. V.; Schierhorn, F.; Sieber, A. und Dadeloff, V. C.: Mapping the extent of abandoned farmland in Central and Eastern Europe using MODIS time series satellite data. Environmental Research Letters 8 (2013), 9 S. open access, doi:10.1088/1748-9326/8/3/035035
- [3] Schierhorn, F.; Müller, D. und Balmann, A: Klimaschutz und Welternährung: Russland macht Hoffnung. In: Leibniz-Institut für Agrarentwicklung in Transformationsökonomien (iamo) (Hrsg.), 2015, S. 59-64, [www.iamo.de](http://www.iamo.de).
- [4] Andrejew, A.: Mit weniger mehr schaffen. agrarmanager, 25 (2013) H. 11, S. 126-129.
- [5] Saizewa, I.: Von Null auf 20.000 Hektar. agrarmanager 25 (2013) H. 3, S. 108-111.
- [6] Politikowa, M.: Russland ist nicht nur Moskau. agrarmanager 26 (2014) H. 11, S. 108-110.
- [7] AGE: Putins Dekret. Bauernzeitung, 55 (2014) 33. Woche, S. 18.3
- [8] Politikowa, M.: Zarenhof mit Ökobetrieb. agrarmanager 26 (2014) H. 9, S. 110 – 113.
- [9] Andrejew, A.: Feedlot auf Russisch. agrarmanager 26 (2014) H. 11, S. 126 – 129.
- [10] Jurko, E.: Die Situation wichtiger zweige der russischen Landwirtschaft. agrarmanager 26 (2014) H. 11, S. 110.
- [11] -.-: Russland war im Jahr 2013 durch eigene Produktion „ernährungsgesichert“. Aber nur halbwegs. Deutsch-Russischer Agrarpolitischer Dialog (Hrsg.), <http://de.agrardialog.ru/news/details/id/861>, Zugriff am 14.01.2015.
- [12] -.-: Wirtschaftsbericht VDMA Landtechnik 2014. VDMA (Hrsg.) , Frankfurt am Main, 2014, 53. S.

## **Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

### **Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Hoffmann, Thomas; Brunsch, Reiner: Transformationsländer. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2014. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2015. S. 1-7

### **Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055080>

### **Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/218.html>

## **Prüfwesen und Qualitätssicherung**

Hans W. Griepentrog, Institut für Agrartechnik, Fg. Mess- und Prüftechnik, Universität Hohenheim, Stuttgart

Frank Volz, Servicebereich Kommunikation, Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V. (DLG), Frankfurt

### **Kurzfassung**

Das Prüfwesen in der Landtechnik soll eine hohe Qualität der Maschinen und Geräte sicherstellen. Über die dynamische Entwicklung der Messtechnik erhalten Prüfverfahren neue Impulse oder es werden heute sogar neue Verfahren ermöglicht, die bisher nicht bekannt oder zu aufwendig waren. Im Mittelpunkt steht heute häufig immer noch der Traktor, dessen Verbrauchswerte mittels Prüfverfahren realistisch dargestellt werden. Hohe Investitionen für eine Verbesserung dieser Prüfverfahren werden in Zukunft noch zuverlässigere Informationen sicherstellen. Aus der Forschung kommen neue Verfahren der Sensorik und Datenanalyse, um komplexe Strukturen beschreiben und extrahieren zu können, die beispielsweise eine Vereinfachung der Bewertung der Arbeitsqualität von Bodenbearbeitungsgeräten erlauben.

### **Schlüsselwörter**

Energieverbrauch, Betriebsfestigkeit, Prüfstand, Sensorik, Algorithmen

## **Test Engineering and Quality Assurance**

Hans W. Griepentrog, Institute of Agricultural Engineering, Instrumentation & Test Engineering, University of Hohenheim, Stuttgart

Frank Volz, Communication & PR, Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V. (DLG), Frankfurt

### **Abstract**

Test engineering in agricultural machinery ensures high quality in all machinery components. Latest instrumentation contributes to improve test procedures or creates new opportunities that were not known or possible. Today the tractor still is in focus, but its fuel consumption is well documented due to realistic test procedures. High investments in those procedures today make sure that in the future this information will be even more reliable. Research institutions investigated sensors and data algorithms to describe and extract complex structures being able to simplify the assessment of the work quality of tillage implements.

### **Keywords**

Energy consumption, Fatigue Life, Test Stand, Sensors, Algorithms

## **Stiftungsprofessur Mess- und Prüftechnik**

Die Max-Eyth-Stiftungsprofessur für Mess- und Prüftechnik wurde 2011 von der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft e.V. (DLG) gemeinsam mit dem Stifterverband für die deutsche Wissenschaft für eine Dauer von 5 Jahren eingerichtet. Mit dieser Stiftungsprofessur soll die agrartechnische Forschung am Standort Deutschland gestärkt werden. Ziel ist es, die anwendungsorientierte Wissenschaft und ihren Transfer in die Praxis zu fördern und so „Impulse für den Fortschritt“ zu setzen. Benannt ist die Stiftungsprofessur nach dem DLG-Gründer Max Eyth (1836–1906).

Zur Profilierung der Agrartechnik kann heute vor allem die Umsetzung grundlagenorientierter Erkenntnisse in anwendungsorientierte Prüfmethoden beitragen. Das gelingt allerdings nur mit einem starken wissenschaftlichen Fundament. Dazu zählen seit Beginn an auch die Prüfungen von Landmaschinen mit den entsprechenden Prüfmethoden und -einrichtungen. Heute schließt dies die Entwicklung von Sensoren sowie Datenanalysen mittels Simulationen für Testverfahren ein. Die Forschung der Stiftungsprofessur erfolgt darüber hinaus grundlagenorientiert im interdisziplinären Verbund auch mit komplementären Fachgebieten. Es werden dazu wissenschaftliche Projekte durchgeführt, die auch international wahrgenommen werden sollen.

Um einen Wissenstransfer zu gewährleisten, wird das gewonnene Grundlagenwissen in angewandter Form an die Anforderungen der Praxis adaptiert. Durch eine enge Zusammenarbeit mit Industrie und landwirtschaftlicher Praxis wird sichergestellt, dass sich die Grundlagenforschung auf relevante und aktuelle Probleme ausrichtet. Die Initiierung, die Entwicklung und insbesondere die Erprobung neu entwickelter Messverfahren sollen gemeinsam mit dem Stifter und der Industrie erfolgen.

Der Lehrstuhl Mess- und Prüftechnik an der Universität Hohenheim ist generell integriert in Konzepte der Automatisierung, der Robotik und des Precision Farming, um nachhaltige und effiziente Produktionssysteme zu unterstützen. Die Universität Hohenheim kann dank der Stiftungsprofessur die internationale Wettbewerbsfähigkeit in Forschung und Lehre auf dem Gebiet der Agrartechnik stärken und weiterentwickeln, da der Stifter die Agrartechnik an der Universität durch die Teilfinanzierung der Stiftungsprofessur für Mess- und Prüftechnik an der Fakultät Agrarwissenschaften unterstützt [1; 2].

## **Messtechnik**

Die Messtechnik (Sensorik) ist fundamental für das Prüfwesen und ist in ihrer Entwicklung weiter sehr dynamisch. Interessant dabei ist, dass zunehmend die Analyse von Daten mittels bestimmter Algorithmen im Mittelpunkt steht. Die Datenanalyse ist ein entscheidender Prozess bei dem aus Daten (Zahlenwerte) Informationen generiert werden. Mit Algorithmen werden Daten auch aus multipler Sensorik (Sensorfusion) analysiert und miteinander verknüpft, um beispielsweise komplexe und mehr-parametrische Systeme zu beschreiben. Häufig ist dabei der Algorithmus innovativ und entscheidend, da dieser zum Teil auch aus bestehenden Datenbeständen neue und erstaunliche Informationen extrahieren kann (BigData). Fortschrittliche Messtechnik wird in Zukunft vermehrt mit innovativen Algorithmen gekoppelt wer-



den. Die Relevanz von Datenalgorithmen hat heute eine allgemeine gesellschaftliche Bedeutung und zum Teil kritische Aufmerksamkeit erhalten [3].

## **Prüftechnik**

Im Berichtsjahr 2014 hat das DLG-Testzentrum Technik & Betriebsmittel rund 80 Prüfzeichen für technische Prüfungen vergeben. Die DLG-Maßstäbe und Qualitätsvorgaben orientieren sich dabei immer an den Anforderungen der Praxis und entsprechen darüber hinaus neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen.

Viele Prüfungen sind aber forschungs- und entwicklungsbegleitende Prüfungen mit entsprechendem Prüfbericht an den Hersteller, somit lag die Gesamtzahl technischer Prüfungen um ein vielfaches höher als nach außen durch die Prüfzeichen und veröffentlichten Berichte erkennbar war. Beispielhaft greifen wir hier drei Bereiche mit hohem messtechnischem Aufwand bzw. Bezug zur Forschung im Rahmen der DLG-Stiftungsprofessur auf.

### *Prüfung Betriebsfestigkeit bei Heuwerbemaschinen*

Im Laufe eines Maschinenlebens, das bei Heuwerbemaschinen häufig mit rund 5.000 Hektar Lebensleistung angenommen wird, sollten keine schwerwiegenden, strukturellen Schäden auftreten. Jedoch steigen durch heutige größere Arbeitsbreiten und höhere Fahrgeschwindigkeiten die Schwingungsbelastungen in der Maschinenkonstruktion stark an. Hier kann eine Betriebsfestigkeitsuntersuchung bei der DLG bereits in der Entwicklungsphase die Berechnungen der Konstrukteure unterstützen. Die Maschinen werden üblicherweise so ausgelegt, dass sie mehr als das Doppelte der rechnerischen Lebensdauer umfassen.

Unregelmäßig angeordnete Hindernisse von bis zu 10 cm Höhe bei Geschwindigkeiten von 5 bis 8 km/h auf dem DLG-Rundlauf sind für die zu prüfenden Maschinen eine Herausforderung. Die durch den unebenen Untergrund und die Geschwindigkeit eingebrachten dynamischen Kräfte setzen sich als Schwingungen in der Maschinenkonstruktion fort. Sie führen an bestimmten Verbindungen und Bauteilen zu Materialermüdung und eventuell sogar zu Bruch. Dabei ist es für die Konstrukteure der Hersteller schwer, die genauen Stellen vorab durch Simulation zu ermitteln. Doch genau diese im Laufe eines Maschinenlebens auftretenden Folgen dynamischer Belastungen gilt es in möglichst kurzer Zeit aufzuspüren, um die Konstruktion bis zur Serienreife des Prototyps zu verbessern. Zusätzlich können – oftmals bei der Reparatur aktuell aufgetretener Schäden – z.B. Bauteile anderer Zulieferer oder konstruktive Änderungen direkt im Vergleich getestet werden. [4; 5; 6]

### *Erweiterung des DLG-PowerMix um Transportfahrten*

Aktuell umfasst die DLG-PowerMix-Prüfung vierzehn Belastungszyklen, die den spezifischen Kraftstoffverbrauch von Traktoren unter verschiedenen, in der Landwirtschaft typischen Belastungen abbilden. Durch die Kombination dynamischer Anteile von Zug-, Zapfwellen- und Hydraulikarbeiten werden so auf der Prüfbahn unter standardisierten, reproduzierbaren Bedingungen Feld- und Grünlandarbeiten sowie Transportfahrten simuliert.

Die Verbrauchsmessungen bei schweren und leichten Transportarbeiten am Berg und in der Ebene wurden Anfang 2014 von der Prüfungskommission in den DLG-PowerMix aufgenommen. Die Messungen werden zurzeit noch auf der Straße durchgeführt, da auf der DLG-Prüfbahn Fahrgeschwindigkeiten von 40, 50 oder gar 60 km/h nicht erreichbar sind. Der festgelegte 36 km-Rundkurs umfasst dabei alle Belastungsstufen: Von der Ebene bis zum Steilstück mit 13 % Steigung, von Fahrten mit bauartbedingter Höchstgeschwindigkeit bis zum Einknicken auf durchschnittlich 25 km/h und von der Beschleunigung aus dem Stand bis zu Messungen aus laufender Fahrt. Vergleichsmessungen verschiedener Fahrten unter gleichen Bedingungen wie in Grafik 1 belegen, dass die Messwerte im gleichen Fehlerbereich liegen wie unter den Prüfstandsbedingungen der übrigen zwölf Zyklen auf der Messbahn.

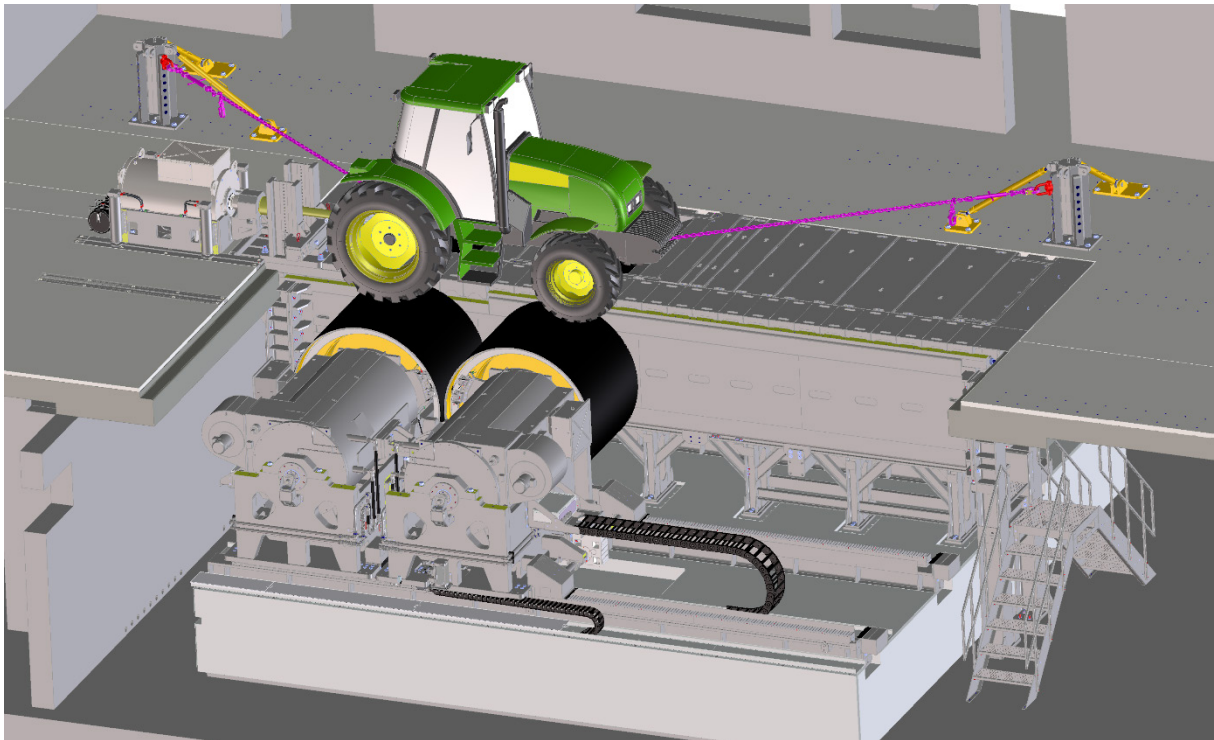
Die Belastung des Traktors erfolgt über einen in Abhängigkeit von der Zapfwellenleistung ballastierten Anhänger. Mit jeder Leistungsstufe von 10 kW werden 700 kg mehr Last aufgebracht, was einem gleichbleibenden Verhältnis von etwa 14,3 kW pro Tonne Last entspricht. Damit kann man die Effizienz über alle Leistungsklassen vergleichen. Eine hochgenaue Kraftstoff- und Geschwindigkeitsmesstechnik versteht sich ebenso von selbst wie Messungen bei 40 km/h und ggf. 50 oder 60 km/h, wenn verfügbar. Die Ergebnisse werden als spezifischer Verbrauch (g/kWh) ermittelt und können dadurch mit den bestehenden Zyklen des DLG-PowerMix verrechnet werden [7].

#### *Neubau eines Rollenprüfstands für Traktorenprüfungen*

In Bezug auf ihre Traktorenprüfungen rüstete sich die DLG 2014 für die Zukunft mit dem Neubau eines Rollenprüfstands. Die Bauarbeiten sind zum Großteil abgeschlossen und es wurde mit der Inbetriebnahme durch den Hersteller des Prüfstands begonnen. Nach seiner Fertigstellung sollen auf dem neuen Rollenprüfstand der spezifische Kraftstoff- und AdBlue-Verbrauch von Traktoren mit bis zu rund 1.000 PS geprüft werden können. Wie bisher mit dem DLG-Messwagen auf der Prüfbahn bzw. unter Belastung auf der Straße werden dabei die Verbräuche eines Traktors unter 14 verschiedenen praxisrelevanten Belastungsszenarien gemessen. In Zukunft bewegt sich der Traktor aber nicht mehr von der Stelle, er steht stattdessen auf vier Stahlrollen mit jeweils 2,0 m Durchmesser, die von Elektromotoren angetrieben und gebremst werden können. Diese sind zwischen 2,05 m und 6,00 m auf den nötigen Achsabstand einstellbar. Insgesamt rund 35 Tonnen bringt jede Einheit aus Rolle, Elektromotor und Motorhalterung auf die Waage – stabil genug, um maximale Achslasten von 30 Tonnen, d.h. insgesamt maximal 60 Tonnen tatsächliches Gewicht des Traktors erreichen zu können. Die maximal übertragbare Zugbelastung pro Rad beträgt dabei 135 kN. Neu ist auch eine Klimaanlage, die durch Austausch von 100.000 m<sup>3</sup> Luft pro Stunde für eine gleichbleibende Raumtemperatur von 25 °C in der Prüfhalle sorgt.

Mit dem neuen Rollenprüfstand werden sich die Prüfmöglichkeiten im DLG-PowerMix weiter verbessern. Zunächst entfällt für die DLG-Prüfingenieure die Abhängigkeit vom Wetter, das bisher durch Regen, Frost aber auch Hitze den Zeitplan der Prüfungen immer wieder durcheinandergeworfen hat. Zum Zweiten ist geplant, auch eine Belastungseinheit für elektrische Antriebe von bis zu rund 200 PS Leistung zu ergänzen. Zum Dritten wird es in der Halle möglich, nicht nur die Leistung und den Verbrauch, sondern auch die Emissionen der Trakto-

ren unter Praxisbedingungen zu messen. Und viertens sollen ab 2017 auch die Transportprüfungen stationär und damit ohne Einfluss von Verkehrsbedingungen möglich sein [8].



**Bild 1:** Schematischer Aufbau des neuen DLG-Rollenprüfstands [9]

**Figure 1:** Schematic installation of the new DLG-roller test rig [9]

#### *Neues Prüfverfahren für automatische Melksysteme (Melkroboter)*

Mit der Markteinführung der ersten automatischen Melksysteme stellte sich für viele Praktiker die Frage, ob solche hochkomplexen technischen Systeme in der Umgebung eines Stalls, d.h. unter Belastungen durch Staub, Ammoniak und Reinigungs- und Desinfektionsmittel sicher funktionieren. Heute haben sich die Praxisanforderungen verschoben, da die Systeme in der Praxis eine hohe Betriebssicherheit gezeigt haben. Dies machte eine Aktualisierung des DLG-Prüfrahmens für Melkroboter in 2014 notwendig um Hygiene- und Verbrauchsaspekte zu integrieren.

Die Produktion hygienisch einwandfreier Milch beginnt mit der Zitzenreinigung und hängt untrennbar mit der Effizienz der verschiedenen Reinigungsprozesse an den milchableitenden Teilen des AMS zusammen. Keimverschleppungen von Kuh zu Kuh gefährden die Eutergesundheit der gesamten Herde. Deshalb wird für die Beurteilung der Hygieneleistung die Keimbelastung von Zitzenreinigungsbürsten und Melkbechern mit und ohne Melkzeugzwischeninfektion durch Tupferproben bestimmt.

Die Messung der Verbrauchskennwerte erfolgt im Labor getrennt für alle wesentlichen, im Laufe eines Tages ablaufenden Prozesse. Dazu gehören das Melken mit hoher und vergleichsweise geringer Auslastung genauso wie die verschiedenen Reinigungen bis hin zum

Leerlauf. Die Melkungen erfolgen weitgehend realistisch an einer „künstlichen Kuh“, die definierte Milchflusskurven für Leicht- und Schwermelker vorgeben kann. Die Messmimik erfasst dabei die Stromverbräuche für Vakuumpumpe, Kompressor, internen Boiler, die optional zuschaltbare Dampfdesinfektion und das eigentliche AMS, ferner den Druckluft- und Wasserverbrauch sowie die Verbräuche an Reinigungsmitteln und Zitzenspray. Außerdem werden Reinigungsdauer und -temperatur ermittelt und die Konzentration des Reinigers in der Reinigungslösung überprüft [10].

### **Wissenschaftliche Forschung**

Im Berichtsjahr 2014 wurden folgende Forschungsprojekte an der Universität Hohenheim zusammen mit dem DLG-Testzentrum Technik & Betriebsmittel definiert und von wissenschaftlichen Mitarbeitern angegangen bzw. fortgesetzt.

#### *Betriebsfestigkeit von Landmaschinen*

Nach der Erfassung der Belastungen an der Maschine (Schwader) wurden 2014 die Fahrbahn- und Feldoberflächen in ihrer Rauigkeit erfasst [11; 12; 13]. Parallel dazu wurden die Teststrecken zur Betriebsfestigkeit der DLG (Rundlauf) und der Fa. CLAAS in Bad Saulgau vermessen. Dabei wurde Bezug auf eine ISO-Norm genommen [14]. Ziel dabei war es, einerseits die Ursachen für die Maschinenbeanspruchungen unter den realen Bedingungen zu analysieren und andererseits die realen Bedingungen mit den Bedingungen der Teststrecken zu vergleichen [13]. Für die Vermessung der Oberflächen wurde ein spezieller Rahmen mit entsprechender Sensorik entwickelt [13].

#### *Einsatzprofile von Maschinen*

Kenntnisse über Einsatzprofile erlauben die Beschreibung eines Maschineneinsatzes oder Arbeitsprozesses hinsichtlich des Bedarfs an Zeit- und Energieressourcen [15 bis 18]. Der universelle, ganzjährige Einsatz einer landwirtschaftlichen Zugmaschine macht die automatisierte Beschreibung des Maschineneinsatzes in einem Einsatzprofil schwierig, da eine Vielzahl von verschiedenen Anbaugeräten und Arbeitsverfahren unterschiedliche Analysemodelle zur Zeiterfassung erfordern. Gleichzeitig bieten die Kommunikationsschnittstellen moderner Landmaschinen die Chance, nicht nur Zeitanteile, sondern gleichzeitig auch Daten anderer Maschinenparameter mit den ermittelten Zeitanteilen zu verknüpfen [15].

Die so ermittelten Einsatzprofile können im Prüfwesen gezielt genutzt werden, um heutige Maschinenbelastungen zu beschreiben und um beispielsweise Teststrecken für Betriebsfestigkeitsprüfungen zu definieren. Da die landwirtschaftlichen Betriebsstrukturen in Deutschland sehr heterogen sind, können über die Definition von Referenzbetrieben sogar die verschiedenen Bauteillebensdauern für eine Maschine je nach Betriebsstruktur geprüft oder vorhergesagt werden. Eine Veröffentlichung mit den Spezifikationen der regionaltypischen Betriebsstrukturen (Nord, Süd und Ost) ist geplant [19].

### *Erfassung dynamischer Maschinenzustände*

Bei der Prüfung von Maschinensteuerungen mittels hochgenauer Satellitenortungssysteme (RTK-GNSS) werden Messverfahren als Referenz benötigt, die eine höhere Genauigkeit aufweisen. Die aus der Geodäsie stammenden zielverfolgenden Ortungssysteme (Tachymeter) weisen heute die nötige Genauigkeit als auch Geschwindigkeit auf. Gekoppelt mit Neigungs- und Beschleunigungssensorik können dynamische Maschinenzustände erfasst und anschließend analysiert und bewertet werden. Im Rahmen einer Masterarbeit wurde das grundlegende Messverfahren mit einem Tachymeter zur Prüfung von automatischen Traktorlenksystemen entwickelt [20; 21]. Dies führte zu bisher sieben abgeschlossenen und veröffentlichten DLG Fokusprüfungen von Lenksystemen [22].

### *Weiteres*

Als Anmerkung zur Erweiterung des DLG-PowerMix um Transportfahrten sei erwähnt, dass an der italienischen Universität Bologna ein Testverfahren für den Straßeneinsatz entwickelt wurde, um Zugbelastungen in einem definierbaren Lastprofil durchführen zu können. Das Lastprofil kann dabei auch aus realer Feldarbeit stammen. Hierfür ist das Anhängegerät für hohe Zugkräfte entsprechend ballastiert und mit einer aktiven Fahrzeugbremse ausgestattet [23]. Mit diesem Verfahren können realistische Betriebsfestigkeitsprüfungen an Maschinenkomponenten mit starker dynamischer und horizontaler Belastung durchgeführt werden.

Am österreichischen Josephinum in Wieselburg wurde neueste Sensorik genutzt, um über 3D-Kamerasysteme Bodenprofile zu beschreiben. Die Auswertung der Daten erlaubt ebenfalls eine Quantifizierung der Oberflächenrauigkeit und kann deshalb zur Bewertung der Arbeitsqualität von Bodenbearbeitungsgeräten herangezogen werden [24].

Das Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim hat seit 2014 alle Fachartikel der deutschen Landtechnikzeitschriften 'Grundlagen der Landtechnik' inklusive der 'Konstrukteurhefte' (1951 bis 1990) sowie die 'agrartechnik' inklusive 'Deutsche Agrartechnik' (1951 bis 1990) digitalisiert und als Open Access im Internet veröffentlicht [25]. Der enorme Fundus dokumentierten Wissens zur Methodenentwicklung im Prüfwesen aus der Bundesrepublik (BRD) und der Deutschen Demokratischen Republik (DDR) ist elektronisch im Volltext suchbar und dadurch einfach zu recherchieren und zu erschließen.

### **Zusammenfassung**

Das Prüfwesen von landwirtschaftlichen Maschinen und Geräten erhält neue Impulse über die Stiftungsprofessur Mess- und Prüftechnik des Stifters Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft e.V. (DLG). Im Berichtsjahr wurden wichtige Prüfverfahren für die Innen- als auch Außenwirtschaft im DLG-Testzentrum neu erarbeitet oder aktualisiert. Moderne Messtechnik als auch neue Prüfverfahren aus der Forschung konnten neue Möglichkeiten eröffnen, um das Prüfwesen zu verbessern und damit die Qualität der Landmaschinen anwendungsspezifisch zu erhöhen.

## **Literatur**

- [1] Knoke, M.: Hightech auf dem Land. Serie Stiftungsprofessuren, Nr. 6, Wirtschaft & Wissenschaft 3 (2012) S.34-35
- [2] Griepentrog, H. W.: Stiftungsprofessur für praxisnahe Forschung. VDL-Journal 2 (2013) S.13
- [3] Kreye, A.: Neue Weltsprache - Algorithmen bestimmen über unseren Alltag und die Welt in der wir leben. Süddeutsche Zeitung, 18. Juli 2014
- [4] Buhrmester, J.: Herangetastet. Schwader Fokus Test - Bodenanpassung und Futterverschmutzung. DLG Test Landwirtschaft, Nr. 1 (März 2014), S.24-25
- [5] Sturmfels, W.: Langlebige Qualität. Schwader Fokus Test - Betriebsfestigkeit. DLG Test Landwirtschaft, Nr. 2 (Mai 2014), S.12-13
- [6] Sturmfels, W.: Maschinen. Leid. Geprüft. Schwader Fokus Test - Betriebsfestigkeit. DLG Test Landwirtschaft, Nr. 4 (November 2014), S.26-27
- [7] Ai, A.: Straße frei für Zyklus 13 - PowerMix-Transporttest. DLG Test Landwirtschaft, Nr. 4 (November 2013), S.14-15
- [8] Volz, F.: One step further - a new test station for tractor tests. Agrifuture No. 3 (October 2014), S.26-27
- [9] DLG e.V.: Schematischer Aufbau des neuen DLG-Rollenprüfstandes. 2014.
- [10] Gäckler, S.: Hygiene und Verbrauch im Blick - Melkroboter Fokus Test - Hygiene, Verbrauchskennwerte. DLG Test Landwirtschaft, Nr. 4 (November 2014), S.16-17
- [11] Paraforos, D.; Griepentrog, H.W.; Sturmfels, W.: New methodology to assess and test the durability of agricultural machinery. In: VDI-MEG AgEng, 8.11.2013, Hannover, VDI-Verlag, S.407-412, VDI-Berichte Nr. 2193
- [12] Paraforos, D.S.; Griepentrog, H.W.; Vougioukas, S.; Kortenbruck, D.: Fatigue life assessment of a four-rotor swather based on rainflow cycle counting. Biosystems Engineering 127(0) (2014), S.1-10
- [13] Paraforos, D.; Griepentrog, H. W.: Surface Profiles Acquisition for Assessing Fatigues Life of Agricultural Machinery in Test Facilities. In: 18th International ISTVS Conference, 22.9.2014, Seoul, Korea
- [14] International Organization for Standardization. ISO 8608: Mechanical vibration – road surface profiles – reporting of measured data. S.30, 1995
- [15] Kortenbruck, D.; Griepentrog, H.W.; Holzhauer, A.: Ermittlung von Einsatzprofilen durch automatisierte Arbeitszeitanalyse an Landmaschinen. In: Agricultural Engineering - Land.Technik 2014 - VDI-MEG - Agrartechnik, 19.11.2014, Berlin, VDI, Düsseldorf, S.227-235
- [16] Häberle, S.; Speer, J.: Einsatzprofile bei Mähdreschern. DLG Test Landwirtschaft, Nr. 2 (Mai 2014), S.8-11
- [17] Brünnhäuser, J.; Knorr, T.; Meyer, H.J.: Herstellerunabhängiges System zur Prozess- und Maschinendatenanalyse, Landtechnik 96(4) (2014), S.196– 00

- [18] Jensen, M.; Bochtis, D.: Automatic Recognition of Operation Modes of Combines and Transport Units based on GNSS Trajectories. In: 4th IFAC Conference on Modelling and Control in Agriculture, Horticulture and Post Harvest Industry, S.213-218, Espoo 2013, Finnland, 2013.
- [19] Schröers, J. O.: Persönliche Mitteilung 19.01.2015, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Darmstadt, 2014.
- [20] Groth, S.; Goldmann, J.; Griepentrog, H. W.: Development of a Sensing System to Assess Automatic Steering Systems. In: International Conference of Agricultural Engineering (AgEng), Hanover, 08-09.11.2013, S.419-424, VDI-Berichte Nr. 2193
- [21] ISO 12188-2:2012 - Tractors and machinery for agriculture and forestry -- Test procedures for positioning and guidance systems in agriculture -- Part 2: Testing of satellite-based auto-guidance systems during straight and level travel.
- [22] DLG e.V.: Download von DLG-Prüfberichten. URL <http://www.dlg.org/landtechnik.html>. – Aktualisierungsdatum: 02.02.2015 – Groß-Umstadt
- [23] Mattetti, M.; Molari, G.: Draft simulator to reproduce field work on the road. In: International Conference of Agricultural Engineering (AgEng) 06-10.07.2014, Zurich, 2014
- [24] Riegler, T.; Rechberger, C.; Handler, F.; Prankl, H.: Bildverarbeitungssystem zur Qualitätsbeurteilung von Bodenbearbeitung. Landtechnik 69(3) (2014), S.125-131
- [25] Universität Hohenheim: eJournals – Institut für Agrartechnik – Universität Hohenheim. URL <http://440ejournals.uni-hohenheim.de/>. – Aktualisierungsdatum: 02.02.2015 - Hohenheim

#### **Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

##### **Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Griepentrog, Hans W.; Volz, Frank: Prüfwesen und Qualitätssicherung. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2014. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2015. S. 1-9

##### **Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055082>

##### **Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/220.html>

## **Die Entwicklung der pneumatischen Sätechnik**

Helmut Weiste

VDI-Fachausschuss, Geschichte der Agrartechnik

### **Kurzfassung**

Das Accord Pneumatic-System – Saatgut zentral zu dosieren und nur mit dem Luftstrom durch ein Wellrohr gleichmäßig auf die Säschar zu verteilen – war eine bahnbrechende Innovation in der Sätechnik. Mit diesem neuen Säsistem brachte Accord 1968 die ersten pneumatischen Drillmaschinen in Arbeitsbreiten von 5 m bis 7 m auf den Markt. Bereits 1971 baute Connor Shea in Australien mit Accord Pneumatic-Komponenten den ersten Air Seeder in 10 m Arbeitsbreite. Das Pneumatic-System wurde die Basis für völlig neue Säverfahren: Arbeitszeit und Energieaufwand reduzierten sich um mehr als 60 %, gleichzeitig wurden Wind- und Wassererosion verhindert. Anfang der 1980er-Jahre folgte die zweite Generation Accord Pneumatic-Drillmaschinen in einer neuartigen Modulbauweise. Anwender, wie Dutzi, Horsch, J. Deere und Väderstad, bauten mit diesen Modulen ihre speziellen pneumatischen Säkombinationen. Heute wird das Accord Pneumatic-System von mehr als 40 Firmen in der Welt für ihre vielfältigen Säkombinationen genutzt.

### **Schlüsselwörter**

Accord Pneumatic-System, Air Seeder, Modulbauweise, Elektronische Kontrolle, CX-Säschar

## **The development of the pneumatic sowing technology**

Helmut Weiste

VDI-Expert Committee, History of Agricultural Technology

### **Abstract**

The Accord Pneumatic-System – centralized metering and distribution of seed evenly to the coulters, just by blowing a current of air through a corrugated tube – was a ground breaking innovation in sowing technology. With this new sowing technology Accord launched 1968 the first pneumatic drills in working width of 5 m to 7 m. Already in 1971 Connor Shea, Australia, designed the first Air Seeder in a width of 10 m. The Pneumatic-System was the basis for totally new fertilization and sowing methods: working time and energy input were reduced by more than 60 % and at the same time the erosion of soil by wind and water prevented. At the start of the 1980's the second generation of Accord Pneumatic-drills followed in a novel modular design. Users like Dutzi, Horsch, J. Deere and Väderstad constructed their special pneumatic seeding combinations with the Accord modules. Today the Accord Pneumatic-System is utilized by more than 40 companies in the world for their versatile seeding combinations.

### **Keywords**

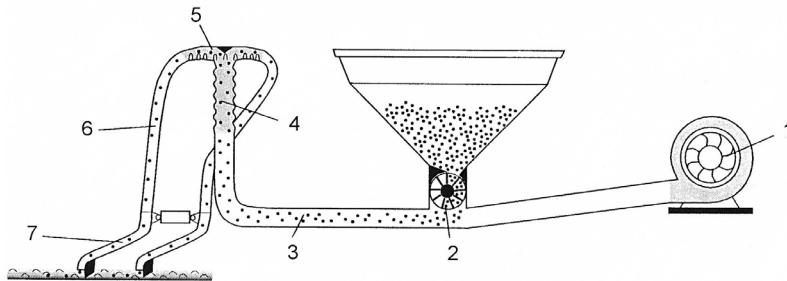
Accord Pneumatic-System, Air Seeder, modular design, electronic control, CX-seed coulter



## Die Erfindung der pneumatischen Verteilung

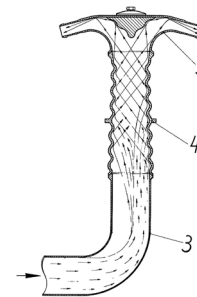
Der Engländer James Cook baute 1785 die erste brauchbare Drillmaschine. Sein Prinzip – Saatgut durch einzelne Säräder zu dosieren und in Reihen zu »drillen« – wird auch heute noch bei mechanischen Drillmaschinen genutzt. Die Entwicklung von pneumatischen Drillmaschinen ist eng mit dem Unternehmen Weiste verbunden. Auf der Suche nach besseren Lösungen für größere Arbeitsbreiten entwickelten Heinrich Weiste und sein Sohn Helmut ein neues Säsystem, das sie das ACCORD PNEUMATIC-System nannten.

Dieses System war eine ähnliche Revolution in der Sätechnik wie der Mähdrescher in der Erntetechnik – konnten doch mehrere Arbeitsgänge mit einer Maschine gleichzeitig erledigt werden. Darüber hinaus ermöglichten die zentrale Dosierung und pneumatische Verteilung völlig neue Dünge- und Säverfahren. Herzstück war der Pneumatic-Verteiler, für den am 21. April 1966 das Patent [1] erteilt wurde. Die Grafiken zeigen das Funktionsschema des Accord Pneumatic-Systems (**Bild 1**) und den Pneumatic-Verteiler mit dem Wellrohr zur Zerstreuung des Körner-Luftstroms (**Bild 2**).



**Bild 1:** Funktionsschema des Accord Pneumatic-Systems mit Gebläse (1), Dosiergerät (2), Verteiler (5), Saatschläuchen (6), Säscharen (7) [2].

**Figure 1:** Schema of Accord Pneumatic-System with fan (1), metering device (2), distributor (5), seed hoses (6), seed coulters (7) [2].



**Bild 2:** Pneumatic-Verteiler mit Förderleitung (3) und Wellrohr (4) [2].

**Figure 2:** Pneumatic-distributor with delivery line (3) and corrugated tube (4) [2].

Die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten wurden im Oktober 1966 auf einem internationalen Feldtag vorgeführt: elf verschiedene Prototypen zur pneumatischen Verteilung von Saatgut und Dünger in Arbeitsbreiten von 5 m bis 15 m. Eine der Anwendungen war der Unimog mit zwei Tanks auf der Ladepritsche und 2 x 5 m Scharschienen an einer Kuppelbrücke (**Bild 3**).



**Bild 3:** 10 m-Pneumatic-Drillmaschine [2].

**Figure 3:** 10 m-Pneumatic-drill [2].



**Bild 4:** 5 m-Pneumatic-Drillmaschine [2].

**Figure 4:** 5 m-Pneumatic-drill [2].

In nur 18 Monaten wurde die Entwicklung einer 5 m-Pneumatic-Drillmaschine und eines 10 m-Pneumatic-Düngerstreuers aus dem Boden gestampft – einschließlich der großen Werkzeuge für die neuen pneumatischen Baugruppen. Schon 1968 brachte Accord diese Maschinen serienmäßig auf den Markt:

- Die erste pneumatische Anbau-Drillmaschine in Arbeitsbreiten von 5 m und 6 m (**Bild 4**).
- Den ersten pneumatischen Düngerstreuer in einer Arbeitsbreite von 10 m. Er machte das exakte Anschlussfahren beim Düngen und Spritzen möglich. Hierbei wurden Säschare gesperrt, um unbesäte Fahrgassen zu erzeugen. Damit führte Accord das Fahrgassensystem ein.

Doch die schnelle Markteinführung hatte einen hohen Preis. Viele pneumatische Düngerstreuer mussten zurückgenommen werden, denn Förderleistung und Verteilung mit den einfachen Pralltellern reichten nicht aus. Beanstandungen über eine schlechte Verteilung bei den 6 m-Drillmaschinen mit Ober- und Unterverteilern kamen hinzu. Die Zeit für Entwicklung und Erprobung dieser Maschinen mit einem grundlegend neuen System war viel zu kurz gewesen. Schonungslos wurden die Schwachstellen und Wissenslücken durch den Einsatz der Serienmaschinen beim Kunden aufgedeckt. Der Ruf des Pneumatic-Systems stand auf dem Spiel. Um die Ursachen zu erforschen, wurden umfangreiche Versuchsreihen gefahren. Die offensichtlichen Ursachen der schlechteren Verteilungsgenauigkeit bei den Pneumatic-Drillmaschinen waren der Verschleiß des Kunststoff-Wellrohres und der Abfall der Gebläsedrehzahl am Hang sowie Fluchtungsfehler der Leitungen. Eine wesentliche, aber nicht sichtbare Ursache wurde erst nach intensiver Erforschung der Zwei-Phasen-Strömung entdeckt. Mit einem Stroboskop konnte man sehen, wie der Körnerstrom in wendelförmigen Flugbahnen entlang der Rohrwand strömte. Dieser Drall-Effekt trat in der Förderleitung verstärkt auf, wenn die Bögen mit ihren Krümmungsebenen zueinander verdreht lagen. In diesen verdrehten Krümmungen der Schlauchleitungen zu den Unterverteilern fuhr der Körnerstrom regelrecht »Achterbahn«. Aufgrund dieser Erkenntnis entwickelte Helmut Weiste strömungstechnische Lösungen für eine bessere Verteilung des Körner-Luft-Stroms [3]. Im Oktober 1971 hielt er einen Vortrag auf der VDI-Landtechnik Tagung in Braunschweig über die Erfahrungen mit der pneumatischen Sätechnik [4].

Am Institut für Landtechnik der Uni Bonn wurden 1971 Untersuchungen über die Verteilungsgenauigkeit bei pneumatischen Drillmaschinen durchgeführt [5]. Die Ergebnisse wiesen größere Ungenauigkeiten bei Hanglagen und höherer Gutbeladung nach. Das hielt die Hersteller mechanischer Drillmaschinen lange davon ab, in die pneumatische Sätechnik einzusteigen. Bei diesen Untersuchungen wurden allerdings nicht die Accord Pneumatic-Verteiler verwandt und die Leitungsbögen hatten die oben beschriebene nachteilige Anordnung. J. Mahlstedt untersuchte 1971 die pneumatische Breitsaat von Getreide und ermittelte in Feldversuchen einen Mehrertrag von 7,6 % gegenüber Drillsaaten mit 15 cm Reihenweite [6].

### **Air Seeder in Australien ab 1971 und Nordamerika ab 1980**

Die Firma Connor Shea in Melbourne erkannte die Chancen der pneumatischen Sätechnik für den Getreideanbau in Australien. Mit Accord Pneumatic-Komponenten baute sie 1971 den ersten Air Seeder der Welt (**Bild 5**). Dieser Sä-/Düngerkultivator brachte Saat und Dünger unter Flügelscharen als Direktsaat im Boden des Stoppelackers aus.

Arbeitszeit und Energiebedarf schrumpften um bis zu 60 % gegenüber konventioneller Bestellung. Hinzu kamen die ökologischen Effekte, die Verhinderung der Wind- und Wassererosion. Aus diesen Gründen erreichten die Air Seeder in Australien nach 10 Jahren einen Marktanteil von 65 %. In Nordamerika fand die pneumatische Sätechnik erst in den 1980er-Jahren eine breitere Anwendung. In einem Artikel der Zeitschrift *Implement & Tractor* vom 21. November 1980 wurden die Air Seeder von 12 Anbietern beschrieben, überwiegend kanadische und australische Firmen, die das Accord Pneumatic-System kopiert hatten. Friggstad (**Bild 6**) und John Deere hatten ihre Air Seeder mit Beratung und Komponenten von Accord entwickelt.



**Bild 5:** 10 m-Air Seeder, Connor Shea [7].  
**Figure 5:** 10 m-Air Seeder, Connor Shea [7].



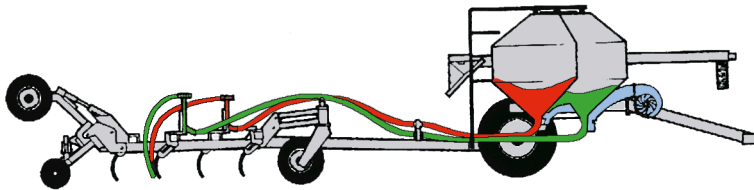
**Bild 6:** 12 m-Air Seeder, Friggstad [2].  
**Figure 6:** 12 m-Air Seeder, Friggstad [2].

Die Universität Saskatchewan veranstaltete im Juni 1990 in Regina ein internationales Symposium über pneumatische Sätechnik [8]. Auf dieser Konferenz wurde erstmals die Entwicklung und Anwendung pneumatischer Sätechnik umfassend dargestellt und erörtert. Wissenschaftler und Ingenieure berichteten über die unterschiedlichen Anbauverfahren und den Einsatz der Air Seeder auf drei Kontinenten – Nordamerika, Australien und Europa. Zum Abschluss der Konferenz zeigten 13 Hersteller ihre Air Seeder auf dem Feldtag im Einsatz. Neben lokalen Entwicklern waren bekannte Firmen vertreten: Bourgault, Concorde, Flexi-Coil, Great Plains, Hiniker, J.I. Case, John Deere und Morris. Mit Ausnahme von Morris waren alle Maschinen mit Pneumatic-Verteilern ausgerüstet, so wie sie von Accord auf dem Feldtag 1966 erstmals vorgestellt worden waren. Es wurde eine Vielfalt von Anwendungen für unterschiedliche Boden- und Klimaverhältnisse gezeigt:

- Air Seeder von 6 m bis 22 m Arbeitsbreite für kombinierte oder getrennte Ausbringung von Saatgut und Dünger. Die Dosiergeräte konnten für jede Verteilersektion zu- oder abgeschaltet werden.
- Neue Formen von Säscharen: 30 cm Breitsäscharen, 10 cm Bandsäscharen oder 2 cm schmale Meißelsäscharen. Der Dünger konnte neben oder unter der Saatreihe abgelegt werden.
- Die Tankwagen konnten vor oder hinter den Säkultivatoren angeordnet werden und hatten Füllvolumen von 3000 l bis 6000 l Saatgut und Dünger. Die Förderleistung mit Drucktanks war doppelt so groß wie mit Injektorschleusen und ermöglichte Fahrgeschwindigkeiten bis zu 16 km/h.
- Als Option wurde die gleichzeitige Verteilung von Herbizid-Feingranulaten angeboten.



Die Grafik zeigt den Längsschnitt eines Air Seeders von Flexi-Coil mit geteiltem Tank und separater Ausbringung von Saatgut und Dünger (**Bild 7**). Daneben ist ein Zinkensächar abgebildet, mit dem das Saatgut in einer Doppelsäreihe und der Dünger 2,5 cm tiefer in einer Reihe dazwischen abgelegt wird (**Bild 8**).



**Bild 7:** Air Seeder, Flexi-Coil, mit separater Ausbringung von Saatgut (grün) und Dünger (rot) [9].

**Figure 7:** Air Seeder, Flexi-Coil, with separate application of seed (green) and fertilizer (red) [9].



**Bild 8:** Schar für Doppelsäreihe mit Düngerablage [9].

**Figure 8:** Coulter for twin row with fertilizer row [9].

Der Säkultivator ist hinter dem Tankwagen angeordnet und wird vorn durch Stützräder und hinten durch Andruckrollen in der Tiefe geführt (**Bild 9**). Die Anordnung des Säkultivators direkt hinter dem Schlepper mit nachlaufendem Tankwagen ermöglicht eine bessere Sichtkontrolle (**Bild 10**).



**Bild 9:** Säkultivator mit 4 Reihen Säscharen [2].  
**Figure 9:** Seed cultivator with 4 rows coulters [2].



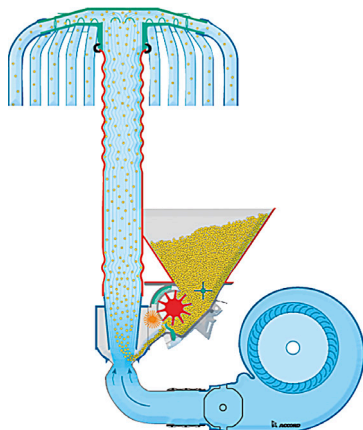
**Bild 10:** Tankwagen hinter Säkultivator [9].  
**Figure 10:** Seed cart behind seed cultivator [9].

Flexi-Coil wurde mit seinen umfangreichen Entwicklungen in den 1990er-Jahren zum führenden Hersteller von Air Seeding Technologie. Bei einem Besuch im März 1998 in Saskatoon erklärte Terry Summach, Inhaber von Flexi-Coil, den Erfolg seiner Entwicklung so: »Erhöhte Effizienz und verbesserte Keimung sind zwei wesentliche Gründe für die stark steigende Zahl von Farmern, die Minimum- und No-Till-Säsysteme übernehmen. Air Drills machen inzwischen 77 % unseres Umsatzes aus. Sie gewährleisten mit ihren speziellen Säscharen eine gute Keimung der Saat auf trockenen Böden.« Wenige Monate nach diesem Besuch musste sich Flexi-Coil an eine starke Rezession im Landmaschinenmarkt Nordamerikas anpassen. Einige hundert Mitarbeiter wurden entlassen und drastische Kostensenkungen durchgeführt. Am 4. Januar 2000 schloss Terry Summach einen Übernahmevertrag mit CNH (Case New Holland), um das zu sichern, was er mit seinen Mitarbeitern aufgebaut hatte. CNH vertreibt die Air Seeding Produkte weiter unter der Marke Flexi-Coil.

### **Zweite Generation Accord Pneumatic-Drillmaschinen ab 1977**

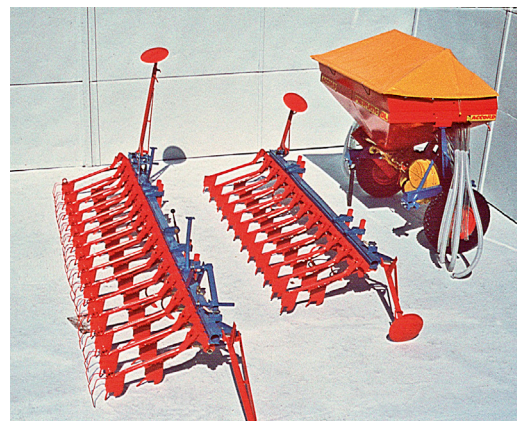
In der klein strukturierten Landwirtschaft Europas wurden von den 5 m bis 7 m breiten Accord Pneumatic-Drillmaschinen der ersten Generation nur kleine Stückzahlen verkauft. Nicht einer der etablierten Drillmaschinenhersteller engagierte sich in pneumatischer Sätechnik. Sie boten weiterhin nur mechanische Drillmaschinen an. Erst die 1977 eingeführte DL-Modulbauweise brachte in den 1980er-Jahren den Durchbruch für das Accord Pneumatic-System. Neuartige Bauformen pneumatischer Drillmaschinen wurden entwickelt. Nach den Anbau-Drillmaschinen DL und DT kamen die Aufsattel-Drillmaschinen DA und DA-S und dann die Fronttank-Drillmaschinen DF-1 und DF-2.

Die DL-Drillmaschinen waren kleiner und preiswerter als die Accord-Drillmaschinen der ersten Generation und durch die senkrechte Injektorschleuse viel exakter in der Korn-Verteilung. Der Variationskoeffizient halbierte sich auf  $VK = 2 - 4 \%$ . Das DL-Modul war eine kompakte Einheit aus Gebläse, senkrechter Injektorschleuse, Zellenrad-Dosiergerät, Stahlwellrohr und Verteiler (**Bild 11**). Einzigartig war die Konstruktion im Baukastensystem mit einheitlichem Säwagen, Rädern in der Schlepperspur und austauschbaren Scharschienen, die für den Straßentransport eingeklappt werden konnten (**Bild 12**).



**Bild 11:** DL-Modul mit senkrechter Injektorschleuse [2].

**Figure 11:** DL-module with vertical venture cone [2].



**Bild 12:** Säwagen mit austauschbaren Scharschienen [2].

**Figure 12:** Seed cart with exchangeable coulter bars [2].

Das Modulsystem war auch ein erheblicher Vorteil für Produktion, Montage und Lieferzeiten. Die vorgefertigten Baugruppen wurden erst in der Endmontage nach Kundenwunsch zusammengefügt. Das bedeutete kurze Lieferzeiten von zwei bis vier Wochen.

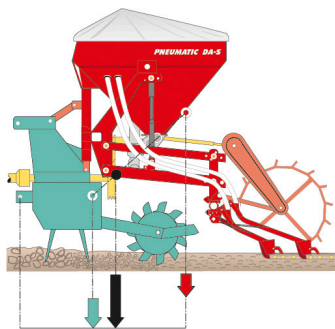
Die DL-Drillmaschinen kamen 1977 auf den Markt in Arbeitsbreiten von 2,5 m, 3 m, 3,33 m, 4 m und 4,5 m. Die DT-Drillmaschinen mit zwei Tankeinheiten lösten dann 1979 die breiten Drillmaschinen der ersten Generation ab, mit Arbeitsbreiten von 5 m, 6 m, 6,66 m und 8 m.

Anfang der 1980er-Jahre kam das Drillen in Kombination mit Kreiseleggen auf. Hier bot die Pneumatic große Vorteile. Bei den DA-Drillmaschinen wurde der Saatguttank über der Kreiselegge, vor den Scharen angeordnet, sodass sich ein wesentlich geringerer Schwerpunktabstand ergab (**Bild 13**). Mittels der Dreiecks-Schnellkupplung konnten die DA-Drillmaschinen auf Kreiseleggen verschiedener Marken leicht »aufgesattelt« werden.



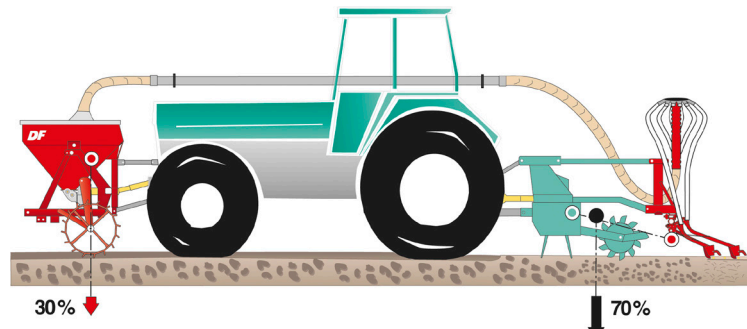
Weitere Vorteile: Der Landwirt benötigte wegen des geringen Schwerpunktabstandes der Kombination keinen größeren Schlepper. Das Zellenrad-Dosiergerät brachte die eingestellte Aussaatmenge – auch bei den Vibrationen der Kreiselegge – immer exakt aus. Die erste Serie der DA-Drillmaschinen wurde 1982 ausgeliefert, in Arbeitsbreiten von 2,5 m, 3 m und 4 m.

Bei der Vorstellung des Pneumatic-Systems im Jahr 1966 waren die Saatguttanks schon getrennt von den Säscharen auf dem Schlepper angeordnet. Erst 20 Jahre später ergab sich für diese getrennte Anordnung ein Bedarf am Markt. Bei 4 m und 6 m breiten Säkombinationen wurde die Last auf den Hinterrädern des Traktors sehr groß. Tiefe Fahrspuren und schädliche Bodenverdichtungen waren die Folge. Deshalb war die gleichmäßige Gewichtsverteilung durch die aufgelöste Bauweise die ideale Lösung. Da mittlerweile viele Traktoren mit Frontkraftheber und Frontzapfwelle ausgestattet wurden, stand ein genormter Anbauraum vorn am Traktor zur Verfügung. Den nutzte Accord bei der Konstruktion der DF-Drillmaschine für den Fronttank (**Bild 14**). Jetzt hatte der Landwirt auch die Möglichkeit, Säkombinationen mit unterschiedlichen Bodenbearbeitungsgeräten nach seinen Wünschen frei zusammenzustellen. Im Jahr 1986 kamen die DF-1-Drillmaschinen mit einem Verteilersystem für 3 m und 4 m Arbeitsbreite und 1989 die DF-2-Drillmaschinen mit zwei Verteilersystemen für Breiten von 4,5 m, 5 m und 6 m auf den Markt.



**Bild 13:** DA auf Kreiselegge [2].

**Figure 13:** DA on a power harrow [2].



**Bild 14:** DF-Fronttank entlastet die Hinterachse [2].

**Figure 14:** DF-front hopper reduces load of rear axle [2].

Die Aufsattel-Drillmaschinen hinterlassen ein ebenes Saatbett ohne Radspuren (**Bild 15**). Mit dem Fronttank werden kompakte, klappbare Säkombinationen realisiert, die den Traktor als Trägerfahrzeug optimal nutzen (**Bild 16**).



**Bild 15:** 4 m-DA auf Rabe Kreiselegge [2].

**Figure 15:** 4 m-DA on Rabe power harrow [2].



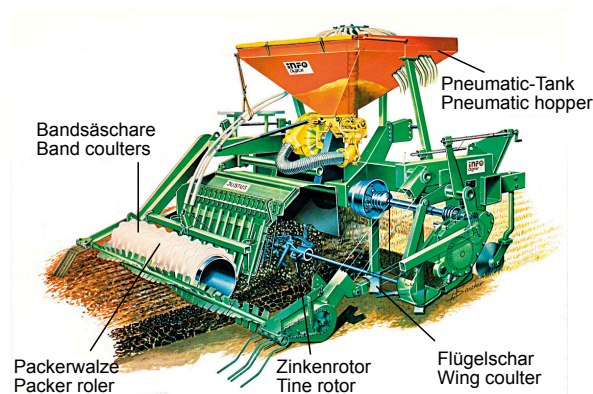
**Bild 16:** 6 m-DF-2 mit Kreiselegge [10].

**Figure 16:** 6 m-DF-2 with power harrow [10].

### Anwender des Accord Pneumatic-Systems in Europa 1980 bis 1990

Anfang der 1980er-Jahre hatte Accord als alleiniger Anbieter pneumatischer Drillmaschinen nur einen Anteil von 2 – 3 % am Markt. Um die pneumatische Sätechnik und deren Möglichkeiten im Markt bekannter zu machen, wurden Accord Pneumatic-Bauteile an Anwender geliefert. Das waren anfangs Landwirte, die damit ihre Ideen für spezielle Säkombinationen verwirklichten.

Erster Pneumatic-Anwender war 1978 Claus Lutz, der die von ihm entwickelte pfluglose Bestellmaschine »Justus« in der Firma Info-agrar herstellen ließ (**Bild 17**). Vicon kam 1981 mit dem »Octopus« und Michael Horsch folgte 1982 mit dem »Sä-Exaktor« (**Bild 18**). 1984 übernahm Dutzi die Produktion und Vermarktung der Justus-Maschinen, nachdem KHD den Vertrag mit Info-agrar gekündigt hatte. Schließlich baute auch Rau 1986 den »Rotosem« mit Accord Pneumatic-Bausätzen. Diese Strategie brachte in den 1980er-Jahren schnell steigende Umsätze sowohl für Accord als auch für die Anwenderfirmen.



**Bild 17:** Aufbau und Funktion der Justus-Maschine [11].

**Figure 17:** Structure and function of Justus-machine [11].



**Bild 18:** 3 m-Sä-Exaktor, Horsch, für Direktsaat [12].

**Figure 18:** 3 m-Sä-Exaktor, Horsch, for direct seeding [12].

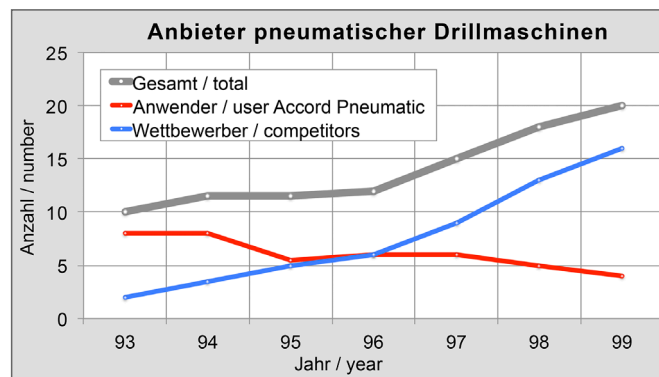
Der Erfolg und die Durchsetzung der pneumatischen Sätechnik ist auch ein Resultat der konstruktiven Zusammenarbeit mit Anwender-Firmen. Know-how Austausch und Kreativität auf beiden Seiten schufen die Vielzahl der spezifischen Säkombinationen, die bis heute dem Landwirt angeboten werden.

Zu den Accord Pneumatic-Drillmaschinen wurden viele neue Ausrüstungen entwickelt: Saatmengen-Verstellung, Micro-Dosierung für Feinsaat, Säschare für Band- und Breitsaat und das CX-Säschar. CX steht für die ungewöhnliche Kombination einer konvexen Stahlscheibe und einer flexiblen Kunststoffscheibe mit versetzten Drehachsen. Durch das Walken wird ein Anbacken und Blockieren der Scharscheiben verhindert.

Bei der Anwendung der Elektronik in Sämaschinen war Accord zweifellos Pionier. Schon 1980 wurde die erste elektronische Fahrgassenschaltung mit Magnetklappen eingeführt. 1990 folgte die Elektronische Sämaschinen Kontrolle (ESC). Mit ESA brachte Accord dann 1998 den elektronisch geregelten Sämaschinenantrieb, der mit GPS-Anbindung erstmals eine teilflächenspezifische Aussaat ermöglichte.

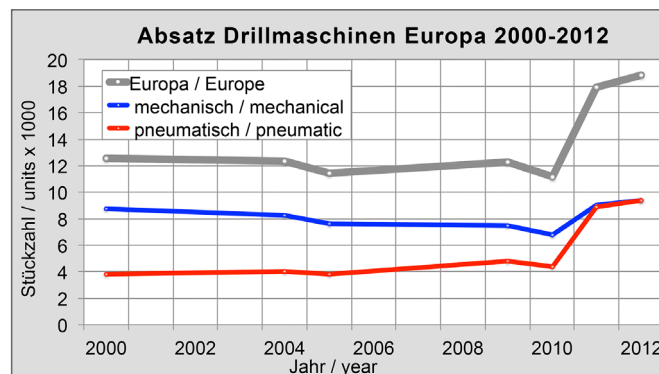
### Anbieter pneumatischer Sätechnik in Europa 1990 bis 2012

Mit der Zweiten Generation Accord Pneumatic-Drillmaschinen konnte bis Ende der 1980er-Jahre der Marktanteil beachtlich gesteigert werden, auf fast 20 %. Das war wohl der Hauptgrund, dass nun mehr Wettbewerber in die pneumatische Sätechnik einstiegen. Auf der Agritechnica 1991 präsentierten zuerst zwei führende Hersteller von Kreiseleggen, Lely und Rabe, ihre eigenen pneumatischen Aufbau-Drillmaschinen. Beide Firmen hatten in den Vorjahren Accord Aufbau-Tanks bezogen. Zur Agritechnica 1993 folgten Amazone und Hassia – 25 Jahre nach der ersten pneumatischen Drillmaschine von Accord. Neben diesen etablierten Drillmaschinenherstellern stiegen weitere Kreiseleggen-Hersteller in die pneumatische Sätechnik ein: Kuhn/Rauch, Howard, etwas später auch Lemken und Maschio.



**Bild 19:** Anbieter pneumatischer Drillmaschinen 1993 – 1999 [2].

**Figure 19:** Provider of pneumatic drills 1993 – 1999 [2].



**Bild 20:** Absatz Drillmaschinen in Europa 2000 – 2012 [13].

**Figure 20:** Sales of drills in Europe 2000 – 2012 [13].

Im Jahr 1999 gab es neben Accord 20 Anbieter pneumatischer Sätechnik. Die Zahl der Wettbewerber stieg von 1993 – 1999 von 3 auf 16 (**Bild 19**). Diese 16 Anbieter pneumatischer Drillmaschinen waren: Amazone, Fiona, Galucho, Gaspardo, Howard, Kuhn, Lely, Lemken, Mistral, Nordsten, Rabe, Rauch, Roger, Sulky, Vogel & Noot, Kongskilde. Die Anzahl der Anwender, die mit Accord Pneumatic-Komponenten beliefert wurden, sank im gleichen Zeitraum von 8 auf 4 Firmen: Dutzi, Horsch, John Deere und Väderstad. Die Zahl der Hersteller pneumatischer Drillmaschinen in Europa stieg bis zum Jahr 2012 auf 24 Firmen an. Nach der VDMA-Landtechnik Statistik [8] ist der Absatz pneumatischer Drillmaschinen und Säkombinationen in Europa von 30 % im Jahr 2000 auf 50 % im Jahr 2012 gestiegen (**Bild 20**).



Für die riesigen Anbauflächen in Osteuropa, der Ukraine und Russland entwickelten die Firmen immer breitere pneumatische Drillmaschinen für die pfluglose Bestellung. Mit speziellen Scheibenscharen für Mulchsaat oder Zinkensäscharen für die Direktsaat wurden mit Fahrgeschwindigkeiten von 15 km/h enorme Flächenleistungen bis zu 35 ha/h erzielt. Als Beispiel für den Stand der Entwicklung im Jahre 2012 sind unten pneumatische Großflächen-Drillmaschinen der Firmen Kverneland Accord (**Bild 21**) und Horsch (**Bild 22**) abgebildet.



**Bild 21:** Kverneland, 12 m-Drillmaschine mit CX-Scheibenscharen [10].

**Figure 21:** Kverneland, 12 m-drill with CX-disc coulters [10].



**Bild 22:** Horsch, 24 m-Drillmaschine mit Zinkensäscharen [12].

**Figure 22:** Horsch, 24 m-drill with tine coulters [12].

Heute wird weltweit der größte Teil der Getreideanbauflächen pneumatisch gesät: in den Großbetrieben Europas über 50 %, bis zu 80 % in Nordamerika und fast 100 % in Australien. Die wesentlichen Gründe dieser breiten Anwendung sind vor allem die großen ökonomischen und ökologischen Vorteile bei der Aussaat mit pneumatischen Säkombinationen.

Die Entwicklung der pneumatischen Sätechnik und die Markteinführung sind ausführlich dargestellt im Buch »Das ACCORD PNEUMATIC-System – Von der Erfindung zur weltweiten Anwendung« [14].

### Zusammenfassung

Das Accord Pneumatic-System war eine bahnbrechende Innovation in der Sätechnik und ermöglichte völlig neue Dünge- und Säverfahren. Der Einsatz dieser neuen Sätechnik in Europa, Australien und Amerika führte zur Entwicklung einer Vielzahl unterschiedlicher Anwendungen – bis hin zu den Air Seedern. Diese Säkultivatoren waren ein Quantensprung für die rationelle Bestellung großer Anbauflächen von Getreide. Damit wurden Arbeitszeit und Energieaufwand um mehr als 60 % reduziert und gleichzeitig die Wind- und Wassererosion des Bodens verhindert.

## **Literatur**

- [ 1] Patent DE 1 287 350: Vorrichtung zum Einbringen von Korn und/oder von körnigem Dünger in den Boden.
- [2] Archiv Accord-Weiste, Soest.
- [3] Patent DE 22 56 939: Vorrichtung zum Säen von Korn.
- [4] Weiste, H.: Erfahrungen mit der pneumatischen Sätechnik. Grundl. Landtechnik Bd. 22 (1972) Nr. 2, S. 39 f.
- [5] Mahlstedt, J., u. H. J. Heege: Die pneumatische Zuteilung von Getreide in Sämaschinen. Grundl. Landtechnik Bd. 22 (1972) Nr. 2, S. 33/38.
- [6] Mahlstedt, J.: Pneumatische Saatgutzuteilung bei Sämaschinen für die Getreidbreitsaat. Diss. Universität Bonn 1971.
- [7] Connor Shea, Melbourne, Australien.
- [8] Air Seeding '90 – Proceedings of an international symposium on pneumatic seeding for soil conservation systems in Dryland Areas. Extension Division, University of Saskatchewan 1990.
- [9] Flexi-Coil, Saskatoon, Kanada.
- [10] Archiv Kverneland-Accord, Soest.
- [11] Info-agrar, Oberndorf.
- [12] Horsch, Schwandorf.
- [13] VDMA Fachverband Landtechnik: Daten aus der Europäischen Statistik für die Produktgruppe Drillmaschinen.
- [14] Weiste, H.: Buch »Das ACCORD PNEUMATIC-System – Von der Erfindung zur weltweiten Anwendung«, ISBN 978-3-7843-5278-7.  
Das englische Buch kann über die Website [www.weiste.net](http://www.weiste.net) bezogen werden.

## **Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

### **Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Weiste, Helmut: Die Entwicklung der pneumatischen Sätechnik. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2014. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2015. S. 1-11

### **Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055084>

### **Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/223.html>

